

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 508 365**

51 Int. Cl.:

**B01D 53/94** (2006.01)

**F01N 3/08** (2006.01)

**F01N 3/20** (2006.01)

**F02D 41/02** (2006.01)

**F02D 41/14** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.03.2010 E 10845966 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.08.2014 EP 2402572**

54 Título: **Método de operación de un sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**16.10.2014**

73 Titular/es:

**TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA (100.0%)  
1, Toyota-cho  
Toyota-shi, Aichi-ken, 471-8571, JP**

72 Inventor/es:

**BISAIJI, YUKI;  
YOSHIDA, KOHEI y  
INOUE, MIKIO**

74 Agente/Representante:

**ZUAZO ARALUZE, Alexander**

**ES 2 508 365 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

**MÉTODO DE OPERACIÓN DE UN SISTEMA DE PURIFICACIÓN DE GASES DE ESCAPE DE UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA**

**DESCRIPCIÓN**

5 **Campo técnico**  
 La presente invención se refiere a un sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna.

10 **Técnica anterior**  
 En la técnica se conoce un motor de combustión interna que dispone, en un conducto de escape del motor, un catalizador de almacenamiento de NO<sub>x</sub> que almacena NO<sub>x</sub> que está contenido en los gases de escape cuando la relación aire-combustible de los gases de escape entrantes es pobre y que libera el NO<sub>x</sub> almacenado cuando la relación aire-combustible de los gases de escape entrantes pasa a ser rica, que dispone, en el conducto de escape del motor aguas arriba del catalizador de almacenamiento de NO<sub>x</sub>, un catalizador de oxidación que tiene una función de adsorción, y que alimenta hidrocarburos al interior del conducto de escape del motor aguas arriba del catalizador de oxidación para hacer que la relación aire-combustible de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador de almacenamiento de NO<sub>x</sub> sea rica cuando se libera NO<sub>x</sub> desde el catalizador de almacenamiento de NO<sub>x</sub> (por ejemplo, véase el documento de patente 1).

20  
 25 En este motor de combustión interna, los hidrocarburos que se alimentan cuando se libera NO<sub>x</sub> desde el catalizador de almacenamiento de NO<sub>x</sub> se convierten en hidrocarburos gaseosos en el catalizador de oxidación, y los hidrocarburos gaseosos se alimentan al catalizador de almacenamiento de NO<sub>x</sub>. Como resultado, el NO<sub>x</sub> que se libera desde el catalizador de almacenamiento de NO<sub>x</sub> se reduce ampliamente.

30 En la técnica se conoce un catalizador de purificación de gases de escape para hacer reaccionar el NO<sub>x</sub> contenido en los gases de escape y los hidrocarburos que se inyectan desde la válvula de alimentación de hidrocarburos y se oxidan parcialmente mediante un catalizador de oxidación de tamaño pequeño (por ejemplo, véase el documento de patente 2). Además, este sistema comprende un catalizador de almacenamiento de NO<sub>x</sub>. El catalizador de almacenamiento de NO<sub>x</sub> porta un catalizador de metales preciosos y sobre el catalizador de almacenamiento de NO<sub>x</sub> está formada una capa básica.

35 No obstante, en este sistema las reacciones químicas que tienen lugar sobre catalizadores dependen enormemente de las condiciones de relación aire-combustible pobre/rica.

**Lista de citas**

40 Bibliografía de patentes

Documento de patente 1: patente japonesa n.º 3969450

45 Documento de patente 2: WO 2009/082035 A1

**Sumario de la invención**

Problema técnico

50 Sin embargo, existe el problema de que cuando el catalizador de almacenamiento de NO<sub>x</sub> pasa a estar a alta temperatura, la tasa de purificación de NO<sub>x</sub> disminuye.

55 Un objeto de la presente invención es proporcionar un sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna que pueda obtener una alta tasa de purificación de NO<sub>x</sub> incluso si la temperatura del catalizador de purificación de gases de escape pasa a ser una alta temperatura.

Solución al problema

60 Según la presente invención, se proporciona un método de operación de un sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna, en el que una válvula de alimentación de hidrocarburos para alimentar hidrocarburos está dispuesta dentro de un conducto de escape del motor, un catalizador de purificación de gases de escape para hacer reaccionar el NO<sub>x</sub> contenido en los gases de escape y los hidrocarburos que se inyectan desde la válvula de alimentación de hidrocarburos y se oxidan parcialmente está dispuesto en el conducto de escape del motor aguas abajo de la válvula de alimentación de hidrocarburos, el catalizador de purificación de gases de escape porta un catalizador de metales preciosos y sobre el catalizador de purificación de gases de escape está formada una capa básica, el catalizador de purificación de gases de escape tiene la propiedad de reducir el NO<sub>x</sub> que está

contenido en los gases de escape cuando se inyectan hidrocarburos desde la válvula de alimentación de hidrocarburos a intervalos de alimentación predeterminados mientras se mantiene una relación aire-combustible de unos gases de escape que fluyen al interior del catalizador de purificación de gases de escape pobre y tiene la propiedad de aumentar en la cantidad de almacenamiento de  $\text{NO}_x$  que está contenido en los gases de escape cuando los intervalos de alimentación de los hidrocarburos son más largos que los intervalos de alimentación predeterminados, y, en el momento del funcionamiento del motor, se usan selectivamente, según un estado de funcionamiento de un motor, un primer método de purificación de  $\text{NO}_x$  que inyecta hidrocarburos desde la válvula de alimentación de hidrocarburos a los intervalos de alimentación predeterminados mientras se mantiene la relación aire-combustible de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador de purificación de gases de escape pobre para eliminar el  $\text{NO}_x$  contenido en los gases de escape y un segundo método de purificación de  $\text{NO}_x$  que cambia la relación aire-combustible de los gases de escape que fluyen al catalizador de purificación de gases de escape de pobre a rica mediante intervalos más largos que los intervalos de alimentación predeterminados para eliminar el  $\text{NO}_x$ .

5  
10  
15  
20  
25  
30  
35  
40  
45  
50  
55  
60  
65

Efectos ventajosos de la invención

Al usar selectivamente el primer método de purificación de  $\text{NO}_x$  y el segundo método de purificación de  $\text{NO}_x$ , es posible obtener una alta tasa de purificación de  $\text{NO}_x$  independientemente del estado de funcionamiento del motor.

**Breve descripción de los dibujos**

- La figura 1 es una vista general de un motor de combustión interna de tipo encendido por compresión.
- La figura 2 es una vista que muestra esquemáticamente una parte superficial de un soporte de catalizador.
- La figura 3 es una vista para explicar una reacción de oxidación en un catalizador de oxidación.
- La figura 4 es una vista que muestra un cambio de una relación aire-combustible de gases de escape que fluyen al interior de un catalizador de purificación de gases de escape.
- La figura 5 es una vista que muestra una tasa de purificación de  $\text{NO}_x$ .
- La figura 6 es una vista para explicar una reacción de oxidación-reducción en un catalizador de purificación de gases de escape.
- La figura 7 es una vista para explicar una reacción de oxidación-reducción en un catalizador de purificación de gases de escape.
- La figura 8 es una vista que muestra un cambio de una relación aire-combustible de gases de escape que fluyen al interior de un catalizador de purificación de gases de escape, etc.
- La figura 9 es una vista que muestra un mapa de una cantidad de  $\text{NO}_x$  de escape  $\text{NO}_x$ .
- La figura 10 es una vista que muestra una variación de inyección de combustible.
- La figura 11 es una vista que muestra una tasa de purificación de  $\text{NO}_x$ .
- La figura 12 es una vista que muestra un mapa de una cantidad de inyección de hidrocarburos.
- La figura 13 es una vista que muestra una tasa de descarga de  $\text{NO}_x$ , etc.
- La figura 14 es una vista que muestra un cambio en una relación aire-combustible de gases de escape (A/F)<sub>in</sub>, etc., cuando se cambia de un segundo método de purificación de  $\text{NO}_x$  a un primer método de purificación de  $\text{NO}_x$ .
- La figura 15 es un diagrama de flujo para el control de la purificación de  $\text{NO}_x$ .
- La figura 16 es una vista que muestra un diagrama de flujo, etc., que muestra otra realización de un método de purificación de  $\text{NO}_x$  que determina la parte A mostrada en la figura 15.
- La figura 17 es una vista que muestra un diagrama de flujo, etc., que muestra todavía otra realización de un método de purificación de  $\text{NO}_x$  que determina la parte A mostrada en la figura 15.
- La figura 18 es una vista que muestra un diagrama de flujo, etc., que muestra otra realización de un método de purificación de  $\text{NO}_x$  que determina la parte A mostrada en la figura 15.
- La figura 19 es un diagrama de variación que muestra un cambio en una relación aire-combustible de gases de

escape (A/F)in, etc., cuando se cambia de un segundo método de purificación de NO<sub>x</sub> a un primer método de purificación de NO<sub>x</sub>.

5 La figura 20 es un diagrama de variación que muestra un cambio en una relación aire-combustible de gases de escape (A/F)in, etc., cuando se cambia de un segundo método de purificación de NO<sub>x</sub> a un primer método de purificación de NO<sub>x</sub>.

La figura 21 es una vista que muestra un coeficiente de aumento.

10 La figura 22 es una vista ampliada parcial en sección transversal de otro catalizador para eliminar NO<sub>x</sub>.

### Descripción de realizaciones

15 La figura 1 es una vista general de un motor de combustión interna de tipo encendido por compresión.

Haciendo referencia a la figura 1, 1 indica un cuerpo de motor, 2 una cámara de combustión de cada cilindro, 3 un inyector de combustible controlado electrónicamente para inyectar combustible al interior de cada cámara 2 de combustión, 4 un colector de admisión y 5 un colector de escape. El colector 4 de admisión está conectado a través de un canal 6 de admisión a una salida de un compresor 7a de un turbocompresor 7 de escape, mientras que una entrada del compresor 7a está conectada a través de un detector 8 de cantidad de aire de admisión a un purificador 9 de aire. Dentro del canal 6 de admisión está dispuesta una válvula 10 de mariposa accionada por un motor paso a paso. Además, alrededor del canal 6 de admisión está dispuesto un dispositivo 11 de enfriamiento para enfriar el aire de admisión que fluye a través del interior del canal 6 de admisión. En la realización mostrada en la figura 1, el agua de enfriamiento de motor se guía al interior del dispositivo 11 de enfriamiento en el que el agua de enfriamiento de motor se usa para enfriar el aire de admisión.

Por otro lado, el colector 5 de escape está conectado a una entrada de la turbina 7b de escape del turbocompresor 7 de escape, mientras que la salida de la turbina 7b de escape está conectada a través de una tubería 12 de escape a una entrada de un catalizador 13 de oxidación parcial de hidrocarburos que puede oxidar parcialmente los hidrocarburos HC. En la realización mostrada en la figura 1, este catalizador 13 de oxidación parcial de hidrocarburos está compuesto por un catalizador de oxidación. Una salida del catalizador de oxidación parcial de hidrocarburos, es decir, el catalizador 13 de oxidación, está conectada a una entrada de un catalizador 14 de purificación de gases de escape, mientras que una salida del catalizador 14 de purificación de gases de escape está conectada a un filtro 15 de partículas para atrapar las partículas que están contenidas en los gases de escape. Dentro de la tubería 12 de escape aguas arriba del catalizador 13 de oxidación, está dispuesta una válvula 16 de alimentación de hidrocarburos para alimentar hidrocarburos compuestos de gasóleo u otro combustible usado como combustible de un motor de combustión interna de tipo encendido por compresión. En la realización mostrada en la figura 1, se usa gasóleo como hidrocarburo que se alimenta desde la válvula 16 de alimentación de hidrocarburos. Obsérvese que la presente invención también puede aplicarse a un motor de combustión interna de tipo encendido por chispa que quema combustible a una relación aire-combustible pobre. En este caso, se alimentan hidrocarburos compuestos de gasolina u otro combustible que se usa como combustible de un motor de combustión interna de tipo encendido por chispa desde la válvula 16 de alimentación de hidrocarburos.

Por otro lado, el colector 5 de escape y el colector 4 de admisión están conectados entre sí a través de un conducto 17 de recirculación de gases de escape (a continuación en el presente documento denominada "EGR"). Dentro del conducto 17 de EGR está dispuesta una válvula 18 de control de EGR controlada electrónicamente. Adicionalmente, alrededor del conducto 17 de EGR está dispuesto un dispositivo 19 de enfriamiento para enfriar el gas de EGR que fluye a través del interior del conducto 17 de EGR. En la realización mostrada en la figura 1, el agua de enfriamiento de motor se guía al interior del dispositivo 19 de enfriamiento en el que el agua de enfriamiento de motor se usa para enfriar el gas de EGR. Por otro lado, cada inyector 3 de combustible está conectado a través de un tubo 20 de alimentación de combustible a un conducto 21 común. Este conducto 21 común está conectado a través de una bomba 22 de combustible de descarga variable controlada electrónicamente a un tanque 23 de combustible. El combustible que está almacenado dentro del tanque 23 de combustible se alimenta mediante la bomba 22 de combustible al interior del conducto 21 común. El combustible que se alimenta al interior del conducto 21 común se alimenta a través de cada tubo 20 de alimentación de combustible al inyector 3 de combustible.

Una unidad 30 de control electrónica está compuesta por un ordenador digital dotado de una ROM (memoria de sólo lectura) 32, una RAM (memoria de acceso aleatorio) 33, una CPU (microprocesador) 34, un puerto 35 de entrada y un puerto 36 de salida, que están conectados entre sí mediante un bus 31 bidireccional. En el catalizador 13 de oxidación está acoplado un sensor 24 de temperatura para detectar la temperatura del catalizador 13 de oxidación. En el catalizador 14 de purificación de gases de escape está acoplado un sensor 25 de temperatura para detectar la temperatura del catalizador 14 de purificación de gases de escape. Las señales de salida de estos sensores 24 y 25 de temperatura y el detector 8 de cantidad de aire de admisión se introducen a través de correspondientes convertidores 37 AD al puerto 35 de entrada. Adicionalmente, el pedal 40 del acelerador tiene un sensor 41 de carga conectado al mismo que genera una tensión de salida proporcional a la cantidad de depresión L del pedal 40 del acelerador. La tensión de salida del sensor 41 de carga se introduce a través de un correspondiente convertidor 37

AD al puerto 35 de entrada. Además, en el puerto 35 de entrada está conectado un sensor 42 del ángulo del cigüeñal que genera un impulso de salida cada vez que un árbol de cigüeñal rota, por ejemplo, 15°. Por otro lado, el puerto 36 está conectado a través de correspondientes circuitos 38 de accionamiento a cada inyector 3 de combustible, un motor paso a paso para accionar la válvula 10 de mariposa, la válvula 16 de alimentación de hidrocarburos, la válvula 18 de control de EGR y la bomba 22 de combustible.

La figura 2(A) muestra esquemáticamente una parte superficial de un soporte de catalizador portado sobre un sustrato de un catalizador 13 de oxidación. Como se muestra en la figura 2(A), por ejemplo, un soporte 50 de catalizador compuesto de alúmina porta un catalizador 51 compuesto de platino Pt u otro metal precioso de este tipo o plata Ag o cobre Cu u otro metal de transición de este tipo.

Por otro lado, la figura 2(B) muestra esquemáticamente un sustrato del catalizador 14 de purificación de gases de escape que porta una parte superficial de un soporte de catalizador. En este catalizador 14 de purificación de gases de escape, como se muestra en la figura 2(B), por ejemplo, se proporciona un soporte 52 de catalizador hecho de alúmina sobre el que se portan catalizadores 53 y 54 de metales preciosos. Además, sobre este soporte 52 de catalizador, se forma una capa 55 básica que incluye al menos un elemento seleccionado de potasio K, sodio Na, cesio Cs u otro metal alcalino de este tipo, bario Ba, calcio Ca u otro metal alcalinotérreo de este tipo, un lantanoide u otra tierra rara de este tipo y plata Ag, cobre Cu, hierro Fe, iridio Ir u otro metal que pueda donar electrones al NO<sub>x</sub>. Los gases de escape fluyen a lo largo de la parte superior del soporte 53 de catalizador, de modo que puede decirse que la superficie de flujo de gases de escape del catalizador 14 de purificación de gases de escape porta los catalizadores 53 y 54 de metales preciosos. Adicionalmente, la superficie de la capa 55 básica presenta basicidad, así que la superficie de la capa 55 básica se denomina parte 56 superficial de flujo de gases de escape básica.

En la figura 2(B), el catalizador 53 de metales preciosos está compuesto de platino Pt, mientras que el catalizador 54 de metales preciosos está compuesto de rodio Rh. Es decir, los catalizadores 53 y 54 de metales preciosos que porta el soporte 52 de catalizador están compuestos de platino Pt y rodio Rh. Obsérvese que, sobre el soporte 52 de catalizador del catalizador 14 de purificación de gases de escape, además de platino Pt y rodio Rh, adicionalmente puede portarse paladio Pd o, en lugar de rodio Rh, puede portarse paladio Pd. Es decir, los catalizadores 53 y 54 de metales preciosos que porta el soporte 52 de catalizador están compuestos de platino Pt y al menos uno de rodio Rh y paladio Pd.

Cuando se inyectan hidrocarburos desde la válvula 16 de alimentación de hidrocarburos en los gases de escape, los hidrocarburos se oxidan sobre el catalizador 13 de oxidación. En la presente invención, en este momento, los hidrocarburos se oxidan parcialmente en el catalizador 13 de oxidación y los hidrocarburos parcialmente oxidados se usan para eliminar el NO<sub>x</sub> en el catalizador 14 de purificación de gases de escape. En este caso, si se hace que la fuerza de oxidación del catalizador 13 de oxidación sea demasiado fuerte, los hidrocarburos acaban oxidándose sin oxidarse parcialmente en el catalizador 13 de oxidación. Para hacer que los hidrocarburos se oxiden parcialmente, es necesario reducir la fuerza de oxidación del catalizador 13 de oxidación. Por tanto, en una realización de la presente invención, como catalizador 13 de oxidación, se usa un catalizador que porta poca cantidad del catalizador de metales preciosos, un catalizador que porta un metal base o un catalizador con un volumen pequeño.

La figura 3 muestra esquemáticamente una reacción de oxidación que se lleva a cabo en el catalizador 13 de oxidación. Como se muestra en la figura 3, los hidrocarburos HC que se inyectan desde la válvula 16 de alimentación de hidrocarburos pasan a ser hidrocarburos HC con radicales con un número pequeño de carbonos debido al catalizador 51. Obsérvese que, en este momento, parte de los hidrocarburos HC se unen con el NO para pasar a ser compuestos nitrosos tal como se muestra en la figura 3, mientras que parte de los hidrocarburos HC se unen con NO<sub>2</sub>, para formar nitrocompuestos. Estos hidrocarburos con radicales, etc., producidos en el catalizador 13 de oxidación se envían al catalizador 14 de purificación de gases de escape.

A continuación, haciendo referencia a de la figura 4 a la figura 6, se explicará un primer método de purificación de NO<sub>x</sub> descubierto por los inventores.

Obsérvese que la figura 4 muestra el cambio en la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador 14 de purificación de gases de escape, mientras que la figura 5 muestra la tasa de purificación de NO<sub>x</sub> mediante el catalizador 14 de purificación de gases de escape con respecto a las temperaturas de catalizador TC del catalizador 14 de purificación de gases de escape cuando se cambia la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> de los gases de escape que fluyen al catalizador 14 de purificación de gases de escape como se muestra en la figura 4.

Ahora, los inventores se dedicaron a la investigación repetida de la purificación de NO<sub>x</sub> a lo largo de un largo periodo de tiempo y, en el proceso de investigación, aprendieron que, como se muestra en la figura 4, si se reduce intermitentemente la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador 14 de purificación de gases de escape a determinados intervalos de tiempo explicados posteriormente dentro de un rango de relación aire-combustible pobre, se obtiene una tasa de purificación de NO<sub>x</sub> extremadamente alta incluso en una región de 400°C o de temperatura más alta como se muestra en la figura 5. Además, se aprendió que, en este momento, una gran cantidad de un producto intermedio reductor que contiene nitrógeno e hidrocarburos

continúa estando retenida o adsorbida sobre la superficie de la capa 55 básica, es decir, sobre la parte 56 superficial de flujo de gases de escape básica del catalizador 14 de purificación de gases de escape, y este producto intermedio reductor desempeña un papel central en la obtención de una alta tasa de purificación de  $\text{NO}_x$ .

5 A continuación, esto se explicará con referencia a las figuras 6(A) y 6(B). Obsérvese que estas figuras 6(A) y 6(B) muestran esquemáticamente la parte superficial del soporte 52 de catalizador del catalizador 14 de purificación de gases de escape. Estas figuras 6(A) y 6(B) muestran la reacción que se presupone que se produce cuando la relación aire-combustible (A/F) in de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador 14 de purificación de gases de escape se reduce intermitentemente dentro del rango de una relación aire-combustible pobre como se muestra en la figura 4.

Es decir, tal como se entenderá a partir de la figura 4, la relación aire-combustible de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador 14 de purificación de gases de escape se mantiene pobre, de modo que los gases de escape que fluyen al interior del catalizador 14 de purificación de gases de escape pasan a un estado de exceso de oxígeno. Por tanto, el NO que está contenido en los gases de escape, como se muestra en la figura 6(A), se oxida sobre el platino 53 y pasa a ser  $\text{NO}_2$ . A continuación, este  $\text{NO}_2$  se oxida adicionalmente y pasa a ser iones nitrato  $\text{NO}_3^-$  estables.

Por otro lado, cuando se producen nitratos  $\text{NO}_3^-$ , los nitratos  $\text{NO}_3^-$  se desplazan de vuelta en un sentido de reducción por los hidrocarburos HC que se envían a la superficie de la capa 55 básica, se disocia un oxígeno y pasan a ser  $\text{NO}_2^*$ . Este  $\text{NO}_2^*$  inestable tiene una actividad fuerte. Más adelante, este  $\text{NO}_2^-$  inestable se denomina  $\text{NO}_2^*$  activo. Este  $\text{NO}_2^*$  activo, como se muestra en la figura 6(A), reacciona con los hidrocarburos HC principalmente con radicales que se adhieren sobre la superficie de la capa 55 básica o sobre el rodio Rh 54 o con los hidrocarburos HC principalmente con radicales contenidos en los gases de escape sobre el rodio Rh 54, mediante lo cual se produce un producto intermedio reductor. Este producto intermedio reductor se adhiere o se adsorbe sobre la superficie de la capa 55 básica.

Obsérvese que, en este momento, se cree que el primer producto intermedio reductor producido es un nitrocompuesto R- $\text{NO}_2$ . Si se produce este nitrocompuesto R- $\text{NO}_2$ , el resultado pasa a ser un compuesto de nitrilo R-CN, pero este compuesto de nitrilo R-CN sólo puede sobrevivir durante un instante en este estado, así que inmediatamente pasa a ser un compuesto de isocianato R-NCO. Este compuesto de isocianato R-NCO, cuando se hidroliza, pasa a ser un compuesto de amina R-NH<sub>2</sub>. Sin embargo, en este caso, lo que se hidroliza se considera parte del compuesto de isocianato R-NCO. Por tanto, como se muestra en la figura 6(A), se cree que la mayoría del producto intermedio reductor que se retiene o se adsorbe sobre la superficie de la capa 55 básica es el compuesto de isocianato R-NCO y el compuesto de amina R-NH<sub>2</sub>.

Por otro lado, como se muestra en la figura 6(B), el  $\text{NO}_2^*$  activo reacciona con el producto intermedio reductor R-NCO o R-NH<sub>2</sub> sobre el rodio Rh 54 para formar  $\text{N}_2$ ,  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$  y por consiguiente se elimina el  $\text{NO}_x$ . Es decir, si no se retiene o se adsorbe producto intermedio reductor R-NCO o R-NH<sub>2</sub> sobre la capa 55 básica, no se elimina el  $\text{NO}_x$ . Por tanto, para obtener una alta tasa de purificación de  $\text{NO}_x$ , es necesario garantizar la presencia continua de una cantidad suficiente del producto intermedio reductor R-NCO o R-NH<sub>2</sub> para proporcionar el  $\text{NO}_2^*$  activo,  $\text{N}_2$ ,  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$  sobre la capa 55 básica, es decir, la parte 26 superficial de flujo de gases de escape básica, en todo momento.

Es decir, como se muestra en las figuras 6(A) y 6(B), para oxidar el NO sobre el platino Pt 53, la relación aire-combustible (A/F) in o los gases de escape deben ser pobres. Es necesario retener una cantidad suficiente del producto intermedio reductor R-NCO o R-NH<sub>2</sub> para proporcionar el  $\text{NO}_2^*$  activo,  $\text{N}_2$ ,  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$  producidos sobre la superficie de la capa 55 básica, es decir, es necesario proporcionar la parte 26 superficial de flujo de gases de escape básica para retener el producto intermedio reductor R-NCO o R-NH<sub>2</sub>.

Por tanto, como se muestra en las figuras 6(A) y 6(B), para hacer reaccionar el  $\text{NO}_x$  contenido en los gases de escape y los hidrocarburos parcialmente oxidados y producir un producto intermedio reductor R-NCO o R-NH<sub>2</sub> que contiene nitrógeno e hidrocarburo, se portan catalizadores 53 y 54 de metales preciosos sobre la superficie de flujo de gases de escape del catalizador 14 de purificación de gases de escape, se forma una parte 26 superficial de flujo de gases de escape básica alrededor de los catalizadores 53 y 54 de metales preciosos para retener el producto intermedio reductor producido R-NCO o R-NH<sub>2</sub> en el catalizador 14 de purificación de gases de escape, y se reduce el  $\text{NO}_x$  mediante la acción de reducción del producto intermedio reductor R-NCO o R-NH<sub>2</sub> retenido sobre la parte 26 superficial de flujo de gases de escape básica. Por tanto, en este primer método de purificación de  $\text{NO}_x$ , se alimentan intermitentemente hidrocarburos HC desde la válvula 16 de alimentación de hidrocarburos en intervalos de alimentación predeterminados mientras se mantiene la relación aire-combustible de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador 14 de purificación de gases de escape pobre. Se hace que los intervalos de alimentación predeterminados de los hidrocarburos HC sean el intervalo de alimentación requerido para continuar garantizando la presencia del producto intermedio reductor R-NCO o R-NH<sub>2</sub> sobre la parte 56 superficial de flujo de gases de escape básica.

En este caso, si la cantidad de inyección pasa a ser demasiado grande o el intervalo de inyección pasa a ser demasiado corto, la cantidad de hidrocarburos pasa a ser excesiva y se escapa una gran cantidad de hidrocarburos

HC desde el catalizador 14 de purificación de gases de escape, mientras que si la cantidad de inyección pasa a ser demasiado pequeña o el intervalo de inyección pasa a ser demasiado largo, el producto intermedio reductor R-NCO o R-NH<sub>2</sub> ya no puede permanecer sobre la parte 56 superficial de flujo de gases de escape básica. Por tanto, en este caso, lo que es importante es ajustar la cantidad de inyección y el intervalo de inyección de hidrocarburos de modo que no se escapen hidrocarburos HC en exceso desde el catalizador 14 de purificación de gases de escape y de modo que el producto intermedio reductor R-NCO o el R-NH<sub>2</sub> continúe sobre la parte 26 superficial de flujo de gases de escape básica. A este respecto, en el ejemplo mostrado en la figura 4, el intervalo de inyección es de 3 segundos.

A continuación, mientras se hace referencia a de la figura 7 a la figura 11, se explicará el segundo método de purificación de NO<sub>x</sub>. En el caso mostrado en la figura 4, si se hace que los intervalos de alimentación de los hidrocarburos HC sean más largos que los intervalos de alimentación predeterminados mencionados anteriormente, los hidrocarburos HC y el producto intermedio reductor R-NCO o R-NH<sub>2</sub> desaparecen de la superficie de la capa 55 básica. En este momento, ninguna fuerza de retroceso en un sentido, que reduce los iones nitrato NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, actúa sobre los iones nitrato NO<sub>3</sub><sup>-</sup> producidos sobre el platino Pt 53. Por tanto, en este momento, los iones nitrato NO<sub>3</sub><sup>-</sup> difunden en la capa 55 básica y pasan a ser nitratos como se muestra en la figura 7(A). Es decir, en este momento, el NO<sub>x</sub> en los gases de escape se absorbe en forma de nitratos dentro de la capa 55 básica.

Por otro lado, la figura 7(B) muestra el caso en el que se hace que la relación aire-combustible de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador 14 de purificación de gases de escape sea la relación aire-combustible estequiométrica o rica cuando el NO<sub>x</sub> se absorbe en forma de nitratos dentro de la capa 55 básica. En este caso, la concentración de oxígeno en los gases de escape disminuye, así que la reacción avanza en el sentido opuesto (NO<sub>3</sub><sup>-</sup> → NO<sub>2</sub>) y por consiguiente los nitratos absorbidos en la capa 55 básica pasan a ser iones nitrato NO<sub>3</sub><sup>-</sup> uno a uno y, como se muestra en la figura 7(B), se liberan de la capa 55 básica en forma de NO<sub>2</sub>. A continuación, el NO<sub>2</sub> liberado se reduce mediante los hidrocarburos HC y el CO contenidos en los gases de escape.

La figura 8 muestra un segundo método de purificación de NO<sub>x</sub> que utiliza la acción de adsorción y liberación de NO<sub>x</sub>. Es decir, en este segundo método de purificación de NO<sub>x</sub>, como se muestra en la figura 8, cuando la cantidad de NO<sub>x</sub> almacenado ΣNO<sub>x</sub> que está almacenada en la capa 55 básica supera una cantidad permisible predeterminada MAX, se hace que la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador 14 de purificación de gases de escape sea temporalmente rica. Si se hace que la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> de los gases de escape sea rica, el NO<sub>x</sub> que se absorbió en la capa 55 básica cuando la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> de los gases de escape era pobre, se libera de una sola vez desde la capa 55 básica y se reduce. Debido a esto se elimina el NO<sub>x</sub>.

La cantidad de NO<sub>x</sub> almacenado ΣNO<sub>x</sub> se calcula, por ejemplo, a partir de la cantidad de NO<sub>x</sub> que se escapa desde el motor. En una realización de la presente invención, la cantidad de NO<sub>x</sub> de escape NO<sub>x</sub>A que se escapa desde el motor por unidad de tiempo se almacena como una función de la carga del motor L y la velocidad del motor N en forma de un mapa tal como se muestra en la figura 9 por adelantado en la ROM 32. La cantidad de NO<sub>x</sub> almacenado ΣNO<sub>x</sub> se calcula a partir de esta cantidad de NO<sub>x</sub> de escape NO<sub>x</sub>A. El periodo en el que se hace que la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> de los gases de escape sea rica es mucho más largo que el periodo en el que se reduce la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> de los gases de escape, como se muestra en la figura 4, y el periodo en el que se hace que la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> de los gases de escape sea rica es habitualmente de 1 minuto o más.

En el segundo método de purificación de NO<sub>x</sub>, cuando la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> de los gases de escape es pobre, el NO<sub>x</sub> que está contenido en los gases de escape se absorbe en la capa 55 básica. Por tanto, la capa 55 básica desempeña el papel de un absorbedor para absorber temporalmente NO<sub>x</sub>. Obsérvese que, en este momento, en ocasiones la capa 55 básica adsorbe temporalmente el NO<sub>x</sub>. Por tanto, si se usa el término almacenamiento como un término que incluye tanto absorción como adsorción, en este momento, la capa 55 básica desempeña el papel de un agente de almacenamiento de NO<sub>x</sub> para almacenar temporalmente el NO<sub>x</sub>. Es decir, si la relación del aire y el combustible (hidrocarburos) que se alimentan al interior del conducto de admisión del motor, las cámaras 2 de combustión y el conducto de escape aguas arriba del catalizador 14 de purificación de gases de escape se denomina relación aire-combustible de los gases de escape, en este segundo método de purificación de NO<sub>x</sub>, el catalizador 14 de purificación de gases de escape funciona como catalizador de almacenamiento de NO<sub>x</sub> que almacena el NO<sub>x</sub> cuando la relación aire-combustible de los gases de escape es pobre y libera el NO<sub>x</sub> almacenado cuando la concentración de oxígeno en los gases de escape disminuye.

Adicionalmente, en este segundo método de purificación de NO<sub>x</sub>, como se muestra en la figura 10, además del combustible para uso de combustión M procedente del inyector 3 de combustible, se inyecta combustible adicional W en el interior de la cámara 2 de combustión, mediante lo cual se hace que la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador 14 de purificación de gases de escape sea rica. Obsérvese que el eje de abscisas de la figura 10 muestra el ángulo del cigüeñal. Este combustible adicional W se inyecta en el momento en el que se quema, pero no aparece como salida de motor, es decir, ligeramente antes de ATDC90° después del punto muerto superior de compresión. Naturalmente, en este caso, también es posible hacer que la cantidad de alimentación de hidrocarburos desde la válvula 16 de alimentación de hidrocarburos aumente para hacer que la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> de los gases de escape sea rica.

La figura 11 muestra la tasa de purificación de  $\text{NO}_x$  cuando se hace que el catalizador 14 de purificación de gases de escape funcione como catalizador de almacenamiento de  $\text{NO}_x$ . Obsérvese que el eje de abscisas de la figura 11 muestra la temperatura de catalizador TC del catalizador 14 de purificación de gases de escape. Cuando se hace que el catalizador 14 de purificación de gases de escape funcione como catalizador de almacenamiento de  $\text{NO}_x$ , como se muestra en la figura 11, cuando la temperatura de catalizador TC es de 300°C a 400°C, se obtiene una tasa de purificación de  $\text{NO}_x$  extremadamente alta, pero cuando la temperatura de catalizador TC pasa a ser de 400°C o una temperatura más alta, la tasa de purificación de  $\text{NO}_x$  disminuye.

De esta manera, cuando la temperatura de catalizador TC pasa a ser de 400°C o más, la tasa de purificación de  $\text{NO}_x$  disminuye porque si la temperatura de catalizador TC pasa a ser de 400°C o más, los nitratos se descomponen por el calor y se liberan en forma de  $\text{NO}_2$  desde el catalizador 14 de purificación de gases de escape. Es decir, siempre que se almacene  $\text{NO}_x$  en forma de nitratos, cuando la temperatura de catalizador TC es alta, es difícil obtener una alta tasa de purificación de  $\text{NO}_x$ . Sin embargo, en el primer método de purificación de  $\text{NO}_x$  mostrado de la figura 4 a las figuras 6(A) y 6(B), tal como se entenderá a partir de las figuras 6(A) y 6(B), no se forman nitratos o incluso si se forman, su cantidad es extremadamente pequeña, por consiguiente, como se muestra en la figura 5, incluso cuando la temperatura de catalizador TC es alta, se obtiene una alta tasa de purificación de  $\text{NO}_x$ .

Es decir, puede decirse que el primer método de purificación de  $\text{NO}_x$  mostrado de la figura 4 a las figuras 6(A) y 6(B) es un nuevo método de purificación de  $\text{NO}_x$  que elimina el  $\text{NO}_x$  sin la formación de casi nada de nitratos cuando se usa un catalizador de purificación de gases de escape que porta un catalizador de metales preciosos y forma una capa básica que puede absorber  $\text{NO}_x$ . En realidad, cuando se usa este primer método de purificación de  $\text{NO}_x$ , la cantidad de los nitratos que se detectan de la capa básica 53 pasa a ser mucho menor en comparación con el caso de usar el segundo método de purificación de  $\text{NO}_x$ .

Por otro lado, para usar el primer método de purificación de  $\text{NO}_x$  para eliminar  $\text{NO}_x$ , es necesario alimentar una determinada cantidad o más de hidrocarburos en un periodo corto incluso cuando la concentración de  $\text{NO}_x$  en los gases de escape es baja. Por tanto, cuando la concentración de  $\text{NO}_x$  de los gases de escape es baja, se deteriora la eficacia de purificación de  $\text{NO}_x$ . En contraposición a esto, en el segundo método de purificación de  $\text{NO}_x$ , cuando la concentración de  $\text{NO}_x$  en los gases de escape es baja, el tiempo hasta que la cantidad de  $\text{NO}_x$  almacenado  $\Sigma\text{NO}_x$  alcanza el valor permisible MAX pasa a ser más largo, y por tanto el periodo para hacer que la relación aire-combustible (A/F) in de los gases de escape sea rica pasa a ser más largo. Por consiguiente, la eficacia de purificación de  $\text{NO}_x$  no pasa a ser mala. Por tanto, cuando la concentración de  $\text{NO}_x$  en los gases de escape es baja, puede decirse que es preferible usar el segundo método de purificación de  $\text{NO}_x$  en vez del primer método de purificación de  $\text{NO}_x$ .

Es decir, cuál del primer método de purificación de  $\text{NO}_x$  y del segundo método de purificación de  $\text{NO}_x$  debe usarse cambia en el estado de funcionamiento del motor. Por tanto, en la presente invención, el catalizador 14 de purificación de gases de escape porta catalizadores 53 y 54 de metales preciosos y se forma una capa 55 básica, y el catalizador 14 de purificación de gases de escape tiene la propiedad de reducir el  $\text{NO}_x$  que está contenido en los gases de escape cuando se inyectan hidrocarburos desde la válvula 16 de alimentación de hidrocarburos a intervalos de alimentación predeterminados mientras se mantiene la relación aire-combustible de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador 14 de purificación de gases de escape pobre y tiene la propiedad de aumentar en la cantidad de almacenamiento de  $\text{NO}_x$  que está contenida en los gases de escape cuando se hace que los intervalos de alimentación de los hidrocarburos sean más largos que los intervalos de alimentación predeterminados. En el momento del funcionamiento del motor, se usan selectivamente, según el estado de funcionamiento del motor, un primer método de purificación de  $\text{NO}_x$  que inyecta hidrocarburos desde la válvula 16 de alimentación de hidrocarburos a los intervalos de alimentación predeterminados mientras se mantiene la relación aire-combustible de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador 14 de purificación de gases de escape pobre para eliminar el  $\text{NO}_x$  contenido en los gases de escape y un segundo método de purificación de  $\text{NO}_x$  que cambia la relación aire-combustible de los gases de escape que fluyen al catalizador 14 de purificación de gases de escape de pobre a rica mediante intervalos más largos que los intervalos de alimentación predeterminados para eliminar el  $\text{NO}_x$ .

A continuación, haciendo referencia a de la figura 12 a la figura 15, se explicará una realización representativa según la presente invención.

La figura 12(A) muestra la cantidad de alimentación de hidrocarburos QE procedente de la válvula 16 de alimentación de hidrocarburos, mientras que la figura 12 (B) muestra la cantidad de combustible adicional W que se alimenta al interior de la cámara 2 de combustión. La cantidad de alimentación de hidrocarburos QE se almacena como una función de la carga del motor QE y la velocidad del motor N en forma de un mapa tal como se muestra en la figura 12(A) por adelantado en la ROM 32. La cantidad de combustible adicional W también se almacena como una función de la carga del motor QE y la velocidad del motor N en forma de un mapa tal como se muestra en la figura 12(B) por adelantado en la ROM 32.

La figura 13(A) muestra una tasa de descarga NOXD de  $\text{NO}_x$  almacenado que se descarga desde el catalizador 14

de purificación de gases de escape cuando la relación aire-combustible (A/F)in de los gases de escape es pobre. Como se explicó anteriormente, el NO<sub>x</sub> que está almacenado en forma de nitratos se descompone por el calor y se descarga si la temperatura TC del catalizador 14 de purificación de gases de escape aumenta. En este momento, la tasa de descarga de NO<sub>x</sub> NOXD, es decir, la cantidad de NO<sub>x</sub> NOXD que se descarga por unidad de tiempo, aumenta rápidamente cuando la temperatura TC del catalizador 14 de purificación de gases de escape supera la temperatura de inicio de descomposición por calor de aproximadamente 450°C.

Por otro lado, la figura 13(B) muestra la tasa de almacenamiento SX del NO<sub>x</sub> que está almacenado en el catalizador 14 de purificación de gases de escape cuando se usa el primer método de purificación de NO<sub>x</sub> para llevar a cabo la acción de purificación de NO<sub>x</sub>. Cuando se usa el primer método de purificación de NO<sub>x</sub> para llevar a cabo la acción de purificación de NO<sub>x</sub>, normalmente no se almacena NO<sub>x</sub> en el catalizador 14 de purificación de gases de escape. Sin embargo, si la tasa de flujo de los gases de escape pasa a ser más rápida, es decir, si la cantidad de aire de admisión GA aumenta, el tiempo de reacción pasa a ser más corto y la reacción ya no puede llevarse a cabo de manera suficiente, así que no se forma NO<sub>2</sub>\* activo y aumenta el NO<sub>x</sub> que se absorbe en la capa 55 básica. Por tanto, como se muestra en la figura 13(B), cuando la cantidad de aire de admisión GA pasa a ser mayor que un determinado valor, la tasa de almacenamiento de NO<sub>x</sub> SX empieza a aumentar.

De esta manera, incluso cuando se usa el primer método de purificación de NO<sub>x</sub> para llevar a cabo una acción de purificación de NO<sub>x</sub>, en ocasiones se almacena NO<sub>x</sub> en el catalizador 14 de purificación de gases de escape. En este momento, la cantidad de NO<sub>x</sub> almacenada por unidad de tiempo pasa a ser el valor SX·NOXA de la tasa de almacenamiento de NO<sub>x</sub> SX multiplicada por la cantidad de NO<sub>x</sub> NOXA que escapa por unidad de tiempo. En una realización de la presente invención, SX·NOXA se suman de manera acumulativa para calcular la cantidad de NO<sub>x</sub> almacenado que se almacena cuando se usa el primer método de purificación de NO<sub>x</sub> para llevar a cabo la acción de purificación de NO<sub>x</sub>. Cuando se cambia del primer método de purificación de NO<sub>x</sub> al segundo método de purificación de NO<sub>x</sub>, la cantidad de NO<sub>x</sub> almacenado que se calcula durante el primer método de purificación de NO<sub>x</sub> se usa como base para iniciar el cálculo de la cantidad de NO<sub>x</sub> almacenado.

Es decir, en un ejemplo representativo según la presente invención, cuando se cambia del primer método de purificación de NO<sub>x</sub> al segundo método de purificación de NO<sub>x</sub>, se suman la cantidad de almacenamiento de NO<sub>x</sub> que se calculó cuando se usa el primer método de purificación de NO<sub>x</sub> y la cantidad de almacenamiento de NO<sub>x</sub> que se calculó tras cambiar al segundo método de purificación de NO<sub>x</sub>. Cuando este valor total ΣNOX supera un valor permisible predeterminado MAX, se hace que la relación aire-combustible de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador 14 de purificación de gases de escape sea temporalmente rica. En este caso, si se ignora la cantidad de NO<sub>x</sub> almacenado durante el tiempo que se usa el primer método de purificación de NO<sub>x</sub>, la variación a la que la relación aire-combustible (A/F)in de los gases de escape se hace rica cuando se cambia al segundo método de purificación de NO<sub>x</sub> pasa a ser más lenta y por consiguiente parte del NO<sub>x</sub> se escapa a la atmósfera sin almacenarse. Sin embargo, en una realización de la presente invención, se tiene en cuenta la cantidad de almacenamiento de NO<sub>x</sub> del tiempo durante el que se usa el primer método de purificación de NO<sub>x</sub>. Por tanto, tal problema anterior no surge.

Por otro lado, cuando se cambia del segundo método de purificación de NO<sub>x</sub> al primer método de purificación de NO<sub>x</sub>, si sigue habiendo NO<sub>x</sub> almacenado en el catalizador 14 de purificación de gases de escape, el NO<sub>x</sub> almacenado se descarga desde el catalizador 14 de purificación de gases de escape cuando se hace que la temperatura TC del catalizador 14 de purificación de gases de escape aumente debido a la alimentación de hidrocarburos. Cuando se lleva a cabo una acción de purificación de NO<sub>x</sub> mediante el primer método de purificación de NO<sub>x</sub>, no se lleva a cabo una acción de reducción sobre el NO<sub>x</sub> así descargado, por consiguiente el NO<sub>x</sub> se escapa a la atmósfera.

Sin embargo, si se hace que la relación aire-combustible (A/F)in de los gases de escape sea rica, es posible reducir el NO<sub>x</sub> almacenado que permanecía en el catalizador 14 de purificación de gases de escape y por consiguiente es posible impedir que el NO<sub>x</sub> se escape a la atmósfera. Por tanto, en una realización de la presente invención, como se muestra en la figura 14, cuando se cambia del segundo método de purificación de NO<sub>x</sub> al primer método de purificación de NO<sub>x</sub>, se hace que la relación aire-combustible de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador 14 de purificación de gases de escape sea temporalmente rica para liberar y reducir el NO<sub>x</sub> que se almacenó en el catalizador 14 de purificación de gases de escape.

En este caso, en la realización mostrada en la figura 14, justo antes de cambiarse del segundo método de purificación de NO<sub>x</sub> al primer método de purificación de NO<sub>x</sub>, se alimenta combustible adicional W al interior de la cámara 2 de combustión, mediante lo cual se hace que la relación aire-combustible de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador 14 de purificación de gases de escape sea rica. Obsérvese que la figura 14 muestra el cambio de la relación aire-combustible (A/F)in de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador 14 de purificación de gases de escape y la cantidad de NO<sub>x</sub> almacenado ΣNOX que se almacena en el catalizador 14 de purificación de gases de escape. Tal como se entenderá a partir de la figura 14, cuando se inicia el primer método de purificación de NO<sub>x</sub>, la cantidad de NO<sub>x</sub> almacenado ΣNOX pasa a ser cero y por consiguiente se evita que NO<sub>x</sub> se escape a la atmósfera.

Por otro lado, la acción de purificación de NO<sub>x</sub> mediante el primer método de purificación de NO<sub>x</sub> no se lleva a cabo

mientras no esté activado el catalizador 13 de oxidación. Por tanto, en una realización de la presente invención, el primer método de purificación de  $\text{NO}_x$  se usa sólo cuando la temperatura TB del catalizador 13 de oxidación pasa a ser la temperatura de activación  $\text{TB}_0$  o más. Cuando la temperatura TB del catalizador 13 de oxidación es menor que la temperatura de activación  $\text{TB}_0$ , está prohibido el uso del primer método de purificación de  $\text{NO}_x$ . En este momento, es decir, cuando la temperatura TB o el catalizador 13 de oxidación es menor que la temperatura de activación  $\text{TB}_0$ , se usa el segundo método de purificación de  $\text{NO}_x$ .

Obsérvese que, en una realización representativa de la presente invención, cuando la temperatura TB del catalizador 13 de oxidación es la temperatura de activación  $\text{TB}_0$  o más, se usa cualquiera del primer método de purificación de  $\text{NO}_x$  o el segundo método de purificación de  $\text{NO}_x$ . En este caso, cuando el uso del primer método de purificación de  $\text{NO}_x$  daría como resultado una mayor eficacia de purificación de  $\text{NO}_x$  en comparación con el uso del segundo método de purificación de  $\text{NO}_x$ , se usa el primer método de purificación de  $\text{NO}_x$ , mientras que cuando el uso del segundo método de purificación de  $\text{NO}_x$  daría como resultado una mayor eficacia de purificación de  $\text{NO}_x$  en comparación con el uso del primer método de purificación de  $\text{NO}_x$ , se usa el segundo método de purificación de  $\text{NO}_x$ .

La figura 15 muestra la rutina de control de la purificación de  $\text{NO}_x$  para ejecutar la realización representativa de la presente invención. Esta rutina se ejecuta mediante la interrupción de cada intervalo de tiempo predeterminado.

Haciendo referencia a la figura 15, en primer lugar, en la etapa 60, se calcula el escape de la cantidad de  $\text{NO}_x$  NOXA por unidad de tiempo a partir del mapa mostrado en la figura 9. A continuación, la rutina pasa a un método de purificación de  $\text{NO}_x$  que determina la parte A para determinar si usar el primer método de purificación de  $\text{NO}_x$  o usar el segundo método de purificación de  $\text{NO}_x$ . Con esta parte A de determinación del método de purificación de  $\text{NO}_x$ , en primer lugar, en la etapa 61, se evalúa si la temperatura TB del catalizador 13 de oxidación es la temperatura de activación  $\text{TB}_0$  o más. Cuando  $\text{TB} < \text{TB}_0$ , se considera que debe usarse el segundo método de purificación de  $\text{NO}_x$ . En este momento, la rutina pasa a la etapa 64.

En contraposición a esto, cuando  $\text{TB} \geq \text{TB}_0$ , la rutina pasa a la etapa 62 en la que se calculan la eficacia de purificación de  $\text{NO}_x$  F1 cuando se usa el primer método de purificación de  $\text{NO}_x$  y la eficacia de purificación de  $\text{NO}_x$  F2 cuando se usa el segundo método de purificación de  $\text{NO}_x$ . Las eficacias de purificación de  $\text{NO}_x$  F1 y F2 expresan las cantidades de consumo de combustible o hidrocarburos por unidad de tiempo requeridas para obtener una tasa de purificación de  $\text{NO}_x$  unitaria. En este caso, la eficacia de purificación de  $\text{NO}_x$  F1 se calcula a partir de la cantidad de alimentación de hidrocarburos QE y el intervalo de inyección de hidrocarburos mostrados en la figura 12A y la tasa de purificación de  $\text{NO}_x$  mostrada en la figura 5, mientras que la eficacia de purificación de  $\text{NO}_x$  F2 se calcula a partir de la cantidad de combustible adicional W mostrada en la figura 12B, el intervalo entre las variaciones en el que se fija la relación aire-combustible rica en la figura 8, y la tasa de purificación de  $\text{NO}_x$  mostrada en la figura 11.

A continuación, en la etapa 63, se evalúa si la eficacia de purificación de  $\text{NO}_x$  F1 es mayor que la eficacia de purificación de  $\text{NO}_x$  F2. Cuando  $\text{F1} \geq \text{F2}$ , se considera que debe usarse el primer método de purificación de  $\text{NO}_x$ . En este momento, la rutina pasa a la etapa 68. En contraposición a esto, cuando  $\text{F1} < \text{F2}$ , se considera que debe usarse el segundo método de purificación de  $\text{NO}_x$ , y la rutina pasa a la etapa 64.

A continuación, se explicará el segundo método de purificación de  $\text{NO}_x$  que se lleva a cabo desde la etapa 64 hasta la etapa 67. En primer lugar, en la etapa 64, se suma la cantidad de  $\text{NO}_x$  de escape NOXA mostrada en la figura 9 a  $\Sigma\text{NOX}$  para calcular la cantidad de  $\text{NO}_x$  almacenado  $\Sigma\text{NOX}$ . A continuación, en la etapa 65, se evalúa si la cantidad de  $\text{NO}_x$  almacenado  $\Sigma\text{NOX}$  supera el valor permisible MAX. Cuando  $\Sigma\text{NOX} > \text{MAX}$ , la rutina pasa a la etapa 66 en la que se calcula la cantidad de combustible adicional W a partir del mapa mostrado en la figura 12B, entonces se lleva a cabo la acción de inyección de combustible adicional. A continuación, en la etapa 67, se elimina  $\Sigma\text{NOX}$ .

A continuación, se explicará el primer método de purificación de  $\text{NO}_x$  que se lleva a cabo desde la etapa 68 hasta la etapa 74. En primer lugar, en la etapa 68, se evalúa si está llevándose a cabo el procesamiento del  $\text{NO}_x$  almacenado para procesar el  $\text{NO}_x$  almacenado que queda dentro del catalizador 14 de purificación de gases de escape. Cuando no está llevándose a cabo el procesamiento de  $\text{NO}_x$  almacenado, la rutina pasa a la etapa 69 en la que se evalúa si ahora se ha tomado la decisión de cambiar del segundo método de purificación de  $\text{NO}_x$  al primer método de purificación de  $\text{NO}_x$ . Si ahora se ha tomado la decisión de cambiar del segundo método de purificación de  $\text{NO}_x$  al primer método de purificación de  $\text{NO}_x$ , la rutina pasa a la etapa 70 en la que se evalúa si la cantidad de  $\text{NO}_x$  almacenado  $\Sigma\text{NOX}$  es menor que un valor pequeño predeterminado MIN.

Cuando  $\Sigma\text{NOX} > \text{MIN}$ , la rutina pasa a la etapa 71 en la que se lleva a cabo el procesamiento del  $\text{NO}_x$  almacenado. En esta realización, como se muestra en la figura 14, justo antes de cambiarse del segundo método de purificación de  $\text{NO}_x$  al primer método de purificación de  $\text{NO}_x$ , se hace que la relación aire-combustible (A/F)in de los gases de escape sea temporalmente rica. A continuación, en la etapa 72, se elimina  $\Sigma\text{NOX}$ . Obsérvese que, cuando ha comenzado el procesamiento de  $\text{NO}_x$  almacenado, la rutina salta de la etapa 68 a la etapa 71 hasta que se completa el procesamiento de  $\text{NO}_x$ .

Por otro lado, cuando se considera en la etapa 69 que ahora no se ha tomado la decisión de cambiar del segundo

método de purificación de NO<sub>x</sub> al primer método de purificación de NO<sub>x</sub>, la rutina pasa a la etapa 73. Adicionalmente, cuando se considera en la etapa 70 que  $\Sigma\text{NOX} < \text{MIN}$ , es decir, incluso cuando se considera que casi no hay NO<sub>x</sub> almacenado, la rutina pasa a la etapa 73. En la etapa 73, la cantidad de alimentación de hidrocarburos QE se calcula a partir del mapa tal como se muestra en la figura 12(A), así que se lleva a cabo el procesamiento de inyección de hidrocarburos. A continuación, en la etapa 74, se usa la siguiente fórmula como base para calcular la cantidad de NO<sub>x</sub>  $\Sigma\text{NOX}$  que está almacenada en el catalizador 14 de purificación de gases de escape durante una acción de purificación de NO<sub>x</sub> mediante el primer método de purificación de NO<sub>x</sub>.

$$\Sigma\text{NOX} \leftarrow \Sigma\text{NOX} + \text{SX} \cdot \text{NOXA} - \text{NOXD}$$

donde,  $\text{SX} \cdot \text{NOXA}$ , como se explicó anteriormente, es la cantidad de NO<sub>x</sub> que se almacena por unidad de tiempo y NOXD es la tasa de descarga mostrada en la figura 13A. Cuando se cambia del primer método de purificación de NO<sub>x</sub> al segundo método de purificación de NO<sub>x</sub>, en la etapa 64, se suma NOXA a la  $\Sigma\text{NOX}$  calculada en la etapa 74.

La figura 16 muestra otra realización. En esta realización, se fija por adelantado la región de funcionamiento de motor en la que la eficacia de purificación de NO<sub>x</sub> F2 pasa a ser mayor que la eficacia de purificación de NO<sub>x</sub> F1 como se muestra mediante el sombreado en la figura 16(A), por ejemplo, como una función de la carga del motor L y la velocidad del motor N. Cuando se activa el catalizador 13 de oxidación, el método de purificación de NO<sub>x</sub> se determina según la figura 16(A).

La figura 16(B) muestra otra realización del método de purificación de NO<sub>x</sub> que determina la parte A de la figura 15. Haciendo referencia a la figura 16(B), en la etapa 61, cuando la temperatura TB del catalizador 13 de oxidación es menor que la temperatura de activación TB<sub>0</sub>, se considera que debe usarse el segundo método de purificación de NO<sub>x</sub>, entonces la rutina pasa a la etapa 64 de la figura 15. En contraposición a esto, cuando se considera en la etapa 61 que  $\text{TB} \geq \text{TB}_0$ , la rutina pasa a la etapa 61a en la que se evalúa si el estado de funcionamiento del motor es una región mostrada mediante el sombreado en la figura 16(A) en la que debe usarse el segundo método de purificación de NO<sub>x</sub>. Cuando el estado de funcionamiento del motor es una región en la que debe usarse el segundo método de purificación de NO<sub>x</sub>, la rutina pasa a la etapa 64 de la figura 15. En contraposición a esto, cuando se considera que el estado de funcionamiento del motor no es una región en la que debe usarse el segundo método de purificación de NO<sub>x</sub>, la rutina pasa a la etapa 68 de la figura 15.

La figura 17 muestra todavía otra realización del método de purificación de NO<sub>x</sub> que determina la parte A de la figura 15. Es decir, la tasa de purificación de NO<sub>x</sub> cuando se usa el primer método de purificación de NO<sub>x</sub>, como se muestra en la figura 5, baja rápidamente cuando la temperatura TC del catalizador 14 de purificación de gases de escape pasa a ser la temperatura límite TC<sub>0</sub> o inferior. En contraposición a esto, como se muestra en la figura 11, la tasa de purificación de NO<sub>x</sub> cuando se usa el segundo método de purificación de NO<sub>x</sub> disminuye de manera relativamente lenta cuando disminuye la temperatura TC del catalizador 14 de purificación de gases de escape. Por tanto, en esta realización, cuando la temperatura TC del catalizador 14 de purificación de gases de escape es mayor que la temperatura límite TC<sub>0</sub>, se usa el primer método de purificación de NO<sub>x</sub>, mientras que cuando la temperatura TC del catalizador 14 de purificación de gases de escape es menor que la temperatura límite TC<sub>0</sub>, se usa el segundo método de purificación de NO<sub>x</sub>.

Es decir, haciendo referencia a la figura 17, en la etapa 61, cuando la temperatura TB del catalizador 13 de oxidación es menor que la temperatura de activación TB<sub>0</sub>, se considera que debe usarse el segundo método de purificación de NO<sub>x</sub>, entonces la rutina pasa a la etapa 64 de la figura 15. En contraposición a esto, cuando se considera en la etapa 61 que  $\text{TB} \geq \text{TB}_0$ , la rutina pasa a la etapa 61a en la que se evalúa si la temperatura TC del catalizador 14 de purificación de gases de escape es mayor que la temperatura límite TC<sub>0</sub>. Cuando  $\text{TC} < \text{TC}_0$ , la rutina pasa a la etapa 64 de la figura 15. En contraposición a esto, cuando  $\text{TC} \geq \text{TC}_0$ , se considera que debe usarse el primer método de purificación de NO<sub>x</sub>, entonces la rutina pasa a la etapa 68 de la figura 15.

La figura 18 muestra todavía otra realización del método de purificación de NO<sub>x</sub> que determina la parte A de la figura 15. Es decir, el primer método de purificación de NO<sub>x</sub> puede proporcionar una alta tasa de purificación de NO<sub>x</sub> en comparación con el segundo método de purificación de NO<sub>x</sub> cuando la cantidad de NO<sub>x</sub> que debe reducirse es grande, es decir, cuando la concentración de NO<sub>x</sub> en los gases de escape es elevada. Por tanto, en esta realización, se evalúa si usar el primer método de purificación de NO<sub>x</sub> o usar el segundo método de purificación de NO<sub>x</sub> en función de si la concentración de NO<sub>x</sub> D en los gases de escape supera un valor fijado D<sub>0</sub>.

Es decir, haciendo referencia a la figura 18, en la etapa 61, cuando la temperatura TB del catalizador 13 de oxidación es menor que la temperatura de activación TB<sub>0</sub>, se considera que debe usarse el segundo método de purificación de NO<sub>x</sub>, entonces la rutina pasa a la etapa 64 de la figura 15. En contraposición a esto, cuando se considera en la etapa 61 que  $\text{TB} \geq \text{TB}_0$ , la rutina pasa a la etapa 61a en la que se evalúa si la temperatura TC del catalizador 14 de purificación de gases de escape es mayor que la temperatura límite TC<sub>0</sub>. Cuando  $\text{TC} < \text{TC}_0$ , la rutina pasa a la etapa 64 de la figura 15. En contraposición a esto, cuando  $\text{TC} \geq \text{TC}_0$ , la rutina pasa a la etapa 61b en la que se evalúa si la concentración de NO<sub>x</sub> D en los gases de escape que se detecta mediante, por ejemplo, el sensor de concentración de NO<sub>x</sub> es mayor que el valor fijado D<sub>0</sub>. Cuando  $\text{D} < \text{D}_0$ , la rutina pasa a la etapa 64 de la figura 15. En contraposición a esto, cuando  $\text{D} \geq \text{D}_0$ , se considera que debe usarse el primer método de purificación de NO<sub>x</sub>,

entonces la rutina pasa a la etapa 68 de la figura 15.

La figura 19 muestra otra realización del procesamiento de NO<sub>x</sub> almacenado que se lleva a cabo en la etapa 71 de la figura 15. En esta realización, justo después de cambiarse también del segundo método de purificación de NO<sub>x</sub> al primer método de purificación de NO<sub>x</sub>, se hace que la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador 14 de purificación de gases de escape sea rica. En este momento, se aumenta la cantidad de hidrocarburos que se alimenta desde la válvula 16 de alimentación de hidrocarburos de modo que se hace que la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> de los gases de escape sea rica.

Es decir, cuando se ha tomado la decisión de cambiar del segundo método de purificación de NO<sub>x</sub> al primer método de purificación de NO<sub>x</sub>, si la cantidad de NO<sub>x</sub> almacenado ΣNO<sub>x</sub> es grande, si sólo se inyecta combustible adicional al interior de la cámara 2 de combustión para hacer que la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> de los gases de escape sea rica una vez, en ocasiones no es posible liberar el NO<sub>x</sub> almacenado total para su reducción. En tal caso, como se muestra en la figura 19, cuando se inicia la acción de purificación de NO<sub>x</sub> mediante el primer método de purificación de NO<sub>x</sub>, aumentando la cantidad de alimentación de hidrocarburos, se hace que la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> de los gases de escape sea rica, mediante lo cual se libera y se reduce el NO<sub>x</sub> almacenado total.

Por otro lado, si se inyecta combustible adicional al interior de la cámara 2 de combustión, la temperatura dentro de la cámara 2 de combustión aumenta. Por tanto, durante un funcionamiento de alta carga en el que la temperatura de combustión pasa a ser mayor, en ocasiones no puede hacerse que la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> de los gases de escape sea rica inyectando el combustible adicional al interior de la cámara 2 de combustión. En tal caso, se hace que la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> de los gases de escape sea rica deteniendo la inyección del combustible adicional y aumentando la cantidad de alimentación de hidrocarburos.

La figura 20 muestra todavía otra realización del procesamiento de NO<sub>x</sub> almacenado que se lleva a cabo en la etapa 71 de la figura 15. En esta realización, tras cambiarse del segundo método de purificación de NO<sub>x</sub> al primer método de purificación de NO<sub>x</sub>, se inicia la acción de purificación de NO<sub>x</sub> mediante el primer método de purificación de NO<sub>x</sub>, entonces se hace que la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador 14 de purificación de gases de escape sea rica. En esta realización, cuando se descarga el NO<sub>x</sub> almacenado desde el catalizador 14 de purificación de gases de escape, este NO<sub>x</sub> descargado se reduce alimentando combustible adicional a la cámara 2 de combustión o aumentando la cantidad de alimentación de hidrocarburos para hacer que la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> de los gases de escape sea rica.

Por otro lado, si el azufre que está contenido en los gases de escape se adhiere a la superficie del metal precioso, es decir, si el metal precioso está contaminado con azufre, se vuelve más difícil producir NO<sub>2</sub>\* activo. Por tanto, es preferible aumentar la cantidad de alimentación de hidrocarburos QE a medida que aumenta la cantidad contaminante de azufre del metal precioso de modo que la cantidad de producción de NO<sub>2</sub>\* activo no disminuye incluso si el metal precioso está contaminado con azufre. En la realización mostrada en la figura 21, el coeficiente de aumento para la cantidad de alimentación de hidrocarburos QE aumenta junto con el aumento en la cantidad contaminante de azufre de modo que la cantidad de producción de NO<sub>2</sub>\* activo no disminuye incluso si la cantidad contaminante de azufre aumenta.

La figura 22 muestra el caso de la formación del catalizador 13 de oxidación parcial de hidrocarburos y el catalizador 14 de purificación de gases de escape mostrados en la figura 1 mediante un único catalizador. Este catalizador está dotado, por ejemplo, de un gran número de canales de gases de escape que se extienden en la dirección de flujo de los gases de escape. La figura 22 muestra una vista en sección transversal ampliada de la parte superficial de la pared 80 circunferencial interna de un canal de gases de escape del catalizador. Como se muestra en la figura 22, sobre la superficie de la pared 80 circunferencial interna del canal de gases de escape está formada una capa 81 de recubrimiento inferior. Sobre esta capa 81 de recubrimiento inferior está formada una capa 82 de recubrimiento superior. En el ejemplo mostrado en la figura 22, ambas capas 81 y 82 de recubrimiento están compuestas de agregados de polvo. La figura 22 muestra vistas ampliadas del polvo que forma las capas 81 y 82 de recubrimiento. A partir de las vistas ampliadas del polvo, se aprende que la capa 82 de recubrimiento superior está compuesta por el catalizador de oxidación parcial de hidrocarburos mostrado en la figura 2(A), por ejemplo, un catalizador de oxidación, mientras que la capa 81 de recubrimiento inferior está compuesta por el catalizador de purificación de gases de escape mostrado en la figura 2(B).

Cuando se usa el catalizador mostrado en la figura 22, como se muestra en la figura 22, los hidrocarburos HC que están contenidos en los gases de escape difunden al interior de la capa 82 de recubrimiento superior y se oxidan parcialmente. Los hidrocarburos parcialmente oxidados difunden al interior de la capa 81 de recubrimiento inferior. Es decir, también en el ejemplo mostrado en la figura 22, de la misma manera que el ejemplo mostrado en la figura 1, el catalizador de oxidación parcial de hidrocarburos y el catalizador de purificación de gases de escape están dispuestos de modo que los hidrocarburos que se oxidaron parcialmente en el catalizador de oxidación parcial de hidrocarburos fluyen al catalizador de purificación de gases de escape. Por otro lado, en el catalizador mostrado en la figura 22, cuando se usa el primer método de purificación de NO<sub>x</sub>, el NO<sub>x</sub> que está contenido en los gases de escape difunde al interior de la capa 81 de recubrimiento inferior y pasa a ser NO<sub>2</sub>\* activo. En este momento, en la capa 81 de recubrimiento inferior, se produce el producto intermedio reductor R-NCO o R-NH<sub>2</sub> a partir del NO<sub>2</sub>\*

activo y los hidrocarburos parcialmente oxidados. Además, el  $\text{NO}_2^*$  activo reacciona con el producto intermedio reductor R-HCO o R-NH<sub>2</sub> para convertirse en N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O.

5 Por otro lado, como se muestra en la figura 2(B), sobre el soporte 52 de catalizador del catalizador 14 de purificación de gases de escape, se portan metales 53 y 54 preciosos. Por tanto, también dentro del catalizador 14 de purificación de gases de escape, es posible convertir los hidrocarburos en hidrocarburos HC con radicales con un número de carbonos pequeño. En este caso, si los hidrocarburos pueden oxidarse suficientemente dentro del catalizador 14 de purificación de gases de escape, es decir, si los hidrocarburos pueden oxidarse parcialmente de manera suficiente dentro del catalizador 14 de purificación de gases de escape, no es necesario disponer el catalizador 13 de oxidación como se muestra en la figura 1 aguas arriba del catalizador 14 de purificación de gases de escape. Por tanto, en una realización según la presente invención, ningún catalizador 13 de oxidación está acoplado dentro del conducto de escape del motor. Por tanto, en esta realización, los hidrocarburos que se inyectan desde la válvula 16 de alimentación de hidrocarburos se alimentan directamente al catalizador 14 de purificación de gases de escape.

15 En esta realización, los hidrocarburos que se inyectan desde la válvula 16 de alimentación de hidrocarburos se oxidan parcialmente dentro del catalizador 14 de purificación de gases de escape. Además, dentro del catalizador 14 de purificación de gases de escape, se produce  $\text{NO}_2^*$  activo a partir del NO<sub>x</sub> que está contenido en los gases de escape. Dentro del catalizador 14 de purificación de gases de escape, el producto intermedio reductor R-NCO y R-NH<sub>2</sub> se produce a partir de este  $\text{NO}_2^*$  activo e hidrocarburos parcialmente oxidados. Además, el  $\text{NO}_2^*$  activo reacciona con el producto intermedio reductor R-NCO o R-NH<sub>2</sub> para convertirse en N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O. Es decir, en esta realización, el catalizador 14 de purificación de gases de escape para hacer reaccionar los hidrocarburos inyectados desde la válvula 16 de alimentación de hidrocarburos y parcialmente oxidados y el NO<sub>x</sub> contenido en los gases de escape está dispuesto dentro del conducto de escape del motor aguas abajo de la válvula 16 de alimentación de hidrocarburos.

**Lista de números de referencia**

- 4... colector de admisión
- 30 5... colector de escape
- 7... turbocompresor de escape
- 12... tubería de escape
- 13... catalizador de oxidación
- 14... catalizador de purificación de gases de escape
- 35 16... válvula de alimentación de hidrocarburos

## REIVINDICACIONES

1. Método de operación de un sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna en el que una válvula (16) de alimentación de hidrocarburos para alimentar hidrocarburos está dispuesta dentro de un conducto de escape del motor, un catalizador (14) de purificación de gases de escape para hacer reaccionar el NO<sub>x</sub> contenido en los gases de escape y los hidrocarburos que se inyectan desde la válvula (16) de alimentación de hidrocarburos y se oxidan parcialmente está dispuesto en el conducto de escape del motor aguas abajo de la válvula (16) de alimentación de hidrocarburos, el catalizador (14) de purificación de gases de escape porta un catalizador (53, 54) de metales preciosos y una capa (55) básica está formada sobre el catalizador (14) de purificación de gases de escape, caracterizado porque el catalizador (14) de purificación de gases de escape tiene la propiedad de reducir el NO<sub>x</sub> que está contenido en los gases de escape cuando se inyectan hidrocarburos desde la válvula (16) de alimentación de hidrocarburos a intervalos de alimentación predeterminados mientras se mantiene una relación aire-combustible de unos gases de escape que fluyen al interior del catalizador (14) de purificación de gases de escape pobre y tiene la propiedad de aumentar en la cantidad de almacenamiento de NO<sub>x</sub> que está contenido en los gases de escape cuando los intervalos de alimentación de los hidrocarburos son más largos que los intervalos de alimentación predeterminados, y, en el momento del funcionamiento del motor, se usan selectivamente, según un estado de funcionamiento de un motor, un primer método de purificación de NO<sub>x</sub> que inyecta hidrocarburos desde la válvula (16) de alimentación de hidrocarburos a dichos intervalos de alimentación predeterminados mientras se mantiene la relación aire-combustible de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador (14) de purificación de gases de escape pobre para eliminar el NO<sub>x</sub> contenido en los gases de escape y un segundo método de purificación de NO<sub>x</sub> que cambia la relación aire-combustible de los gases de escape que fluyen al catalizador (14) de purificación de gases de escape de pobre a rica mediante intervalos más largos que dichos intervalos de alimentación predeterminados para eliminar el NO<sub>x</sub>.
2. Método de operación de un sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 1, en el que dentro del conducto de escape del motor aguas abajo de la válvula (16) de alimentación de hidrocarburos, dicho catalizador (14) de purificación de gases de escape y un catalizador (13) de oxidación parcial de hidrocarburos que puede oxidar parcialmente hidrocarburos inyectados desde la válvula (16) de alimentación de hidrocarburos están dispuestos de modo que los hidrocarburos que se oxidan parcialmente en el catalizador (13) de oxidación parcial de hidrocarburos fluyen al interior del catalizador (14) de purificación de gases de escape.
3. Método de operación de un sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 2, en el que el catalizador (13) de oxidación parcial de hidrocarburos está compuesto por un catalizador de oxidación que está dispuesto dentro del conducto de escape del motor aguas arriba del catalizador (14) de purificación de gases de escape.
4. Método de operación de un sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 2, en el que una capa (82) de recubrimiento superior compuesta por el catalizador (13) de oxidación parcial de hidrocarburos está formada sobre una capa (81) de recubrimiento inferior compuesta por el catalizador (14) de purificación de gases de escape.
5. Método de operación de un sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 1 ó 2, en el que en el primer método de purificación de NO<sub>x</sub>, el NO<sub>x</sub> contenido en los gases de escape y los hidrocarburos parcialmente oxidados se hacen reaccionar mediante el catalizador (53, 54) de metales preciosos para producir un producto intermedio reductor que contiene nitrógeno e hidrocarburos, el producto intermedio reductor producido se retiene sobre la capa (55) básica, el NO<sub>x</sub> se reduce mediante una acción de reducción del producto intermedio reductor retenido sobre la capa (55) básica, y los intervalos de alimentación predeterminados de los hidrocarburos son los intervalos de alimentación necesarios para una presencia continuada del producto intermedio reductor sobre una parte (56) superficial de flujo de gases de escape básica.
6. Método de operación de un sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 1, en el que en el segundo método de purificación de NO<sub>x</sub>, cuando la relación aire-combustible de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador (14) de purificación de gases de escape es pobre, el NO<sub>x</sub> en los gases de escape se absorbe en la capa (55) básica y, cuando la relación aire-combustible de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador (14) de purificación de gases de escape pasa a ser rica, el NO<sub>x</sub> absorbido se libera desde la capa (55) básica y se reduce.
7. Método de operación de un sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 1, en el que dicho catalizador (53, 54) de metales preciosos está compuesto de platino Pt y al menos uno de rodio Rh y paladio Pd.
8. Método de operación de un sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna

según la reivindicación 1, en el que dicha capa (55) básica incluye un metal alcalino, metal alcalinotérreo, tierra rara o metal que puede donar electrones a  $\text{NO}_x$ .

- 5 9. Método de operación de un sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 1, en el que el primer método de purificación de  $\text{NO}_x$  sólo se usa cuando la temperatura del catalizador (13) de oxidación pasa a ser la temperatura de activación ( $\text{TB}_0$ ) o más y en el que está prohibido el uso del primer método de purificación de  $\text{NO}_x$  cuando la temperatura del catalizador (13) de oxidación es menor que la temperatura de activación ( $\text{TB}_0$ ).
- 10 10. Método de operación de un sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 9, en el que se usa cualquiera del primer método de purificación de  $\text{NO}_x$  o el segundo método de purificación de  $\text{NO}_x$  cuando la temperatura del catalizador (13) de oxidación es la temperatura de activación ( $\text{TB}_0$ ) o más.
- 15 11. Método de operación de un sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 10, en el que cuando el uso del primer método de purificación de  $\text{NO}_x$  daría como resultado una mayor eficacia de purificación de  $\text{NO}_x$  en comparación con el uso del segundo método de purificación de  $\text{NO}_x$ , se usa el primer método de purificación de  $\text{NO}_x$ , mientras que cuando el uso del segundo método de purificación de  $\text{NO}_x$  daría como resultado una mayor eficacia de purificación de  $\text{NO}_x$  en comparación con el uso del primer método de purificación de  $\text{NO}_x$ , se usa el segundo método de purificación de  $\text{NO}_x$ .
- 20 12. Método de operación de un sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 10, en el que la tasa de purificación de  $\text{NO}_x$  cuando se usa el primer método de purificación de  $\text{NO}_x$  empieza a bajar cuando la temperatura del catalizador (14) de purificación de gases de escape pasa a ser la temperatura límite ( $\text{TC}_0$ ) o inferior, cuando la temperatura del catalizador (14) de purificación de gases de escape es mayor que la temperatura límite ( $\text{TC}_0$ ), se usa el primer método de purificación de  $\text{NO}_x$ , y cuando la temperatura del catalizador (14) de purificación de gases de escape es menor que la temperatura límite ( $\text{TC}_0$ ), se usa el segundo método de purificación de  $\text{NO}_x$ .
- 25 13. Método de operación de un sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 9, en el que se usa el segundo método de purificación de  $\text{NO}_x$  cuando la temperatura del catalizador (13) de oxidación es menor que la temperatura de activación ( $\text{TB}_0$ ).
- 30 14. Método de operación de un sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 1, en el que cuando se cambia del segundo método de purificación de  $\text{NO}_x$  al primer método de purificación de  $\text{NO}_x$ , se hace que una relación aire-combustible de unos gases de escape que fluyen al interior del catalizador (14) de purificación de gases de escape sea temporalmente rica para liberar y reducir el  $\text{NO}_x$  que está almacenado en el catalizador (14) de purificación de gases de escape.
- 35 15. Método de operación de un sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 14, en el que justo antes de cambiarse del segundo método de purificación de  $\text{NO}_x$  al primer método de purificación de  $\text{NO}_x$ , se hace que la relación aire-combustible de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador (14) de purificación de gases de escape sea rica.
- 40 16. Método de operación de un sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 15, en el que también justo después de cambiarse del segundo método de purificación de  $\text{NO}_x$  al primer método de purificación de  $\text{NO}_x$ , se hace que la relación aire-combustible de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador (14) de purificación de gases de escape sea rica.
- 45 17. Método de operación de un sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 14, en el que tras cambiarse del segundo método de purificación de  $\text{NO}_x$  al primer método de purificación de  $\text{NO}_x$ , se inicia la acción de purificación de  $\text{NO}_x$  mediante el primer método de purificación de  $\text{NO}_x$ , entonces se hace que la relación aire-combustible de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador (14) de purificación de gases de escape sea rica.
- 50 18. Método de operación de un sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 1, en el que, cuando se usa el segundo método de purificación de  $\text{NO}_x$ , cuando la cantidad de almacenamiento de  $\text{NO}_x$  calculada con respecto al catalizador (14) de purificación de gases de escape supera un valor permisible predeterminado, se hace que una relación aire-combustible de unos gases de escape que fluyen al interior del catalizador (14) de purificación de gases de escape sea temporalmente rica y cuando se cambia del primer método de purificación de  $\text{NO}_x$  al segundo método de purificación de  $\text{NO}_x$ , se suman la cantidad de almacenamiento de  $\text{NO}_x$  que se calcula cuando se usa el primer método de purificación de  $\text{NO}_x$  y la cantidad de almacenamiento de  $\text{NO}_x$  que se calcula tras cambiar al segundo método de purificación de  $\text{NO}_x$  y, cuando un valor total supera un valor permisible
- 55 60 65

predeterminado, se hace que la relación aire-combustible de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador (14) de purificación de gases de escape sea temporalmente rica.

Fig.1

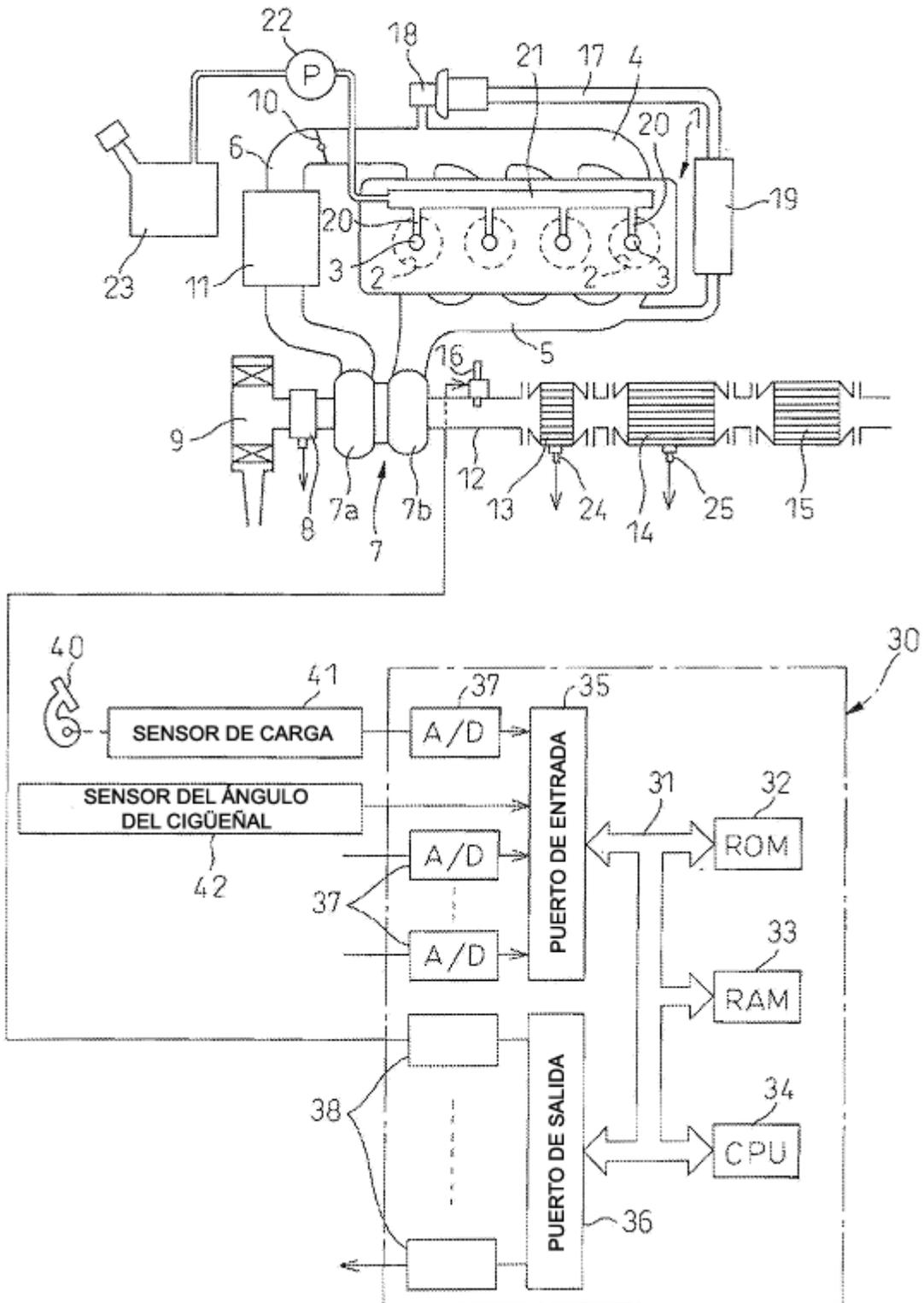
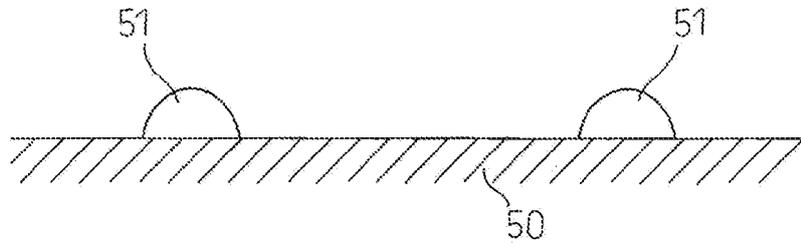


Fig. 2  
(A)



(B)

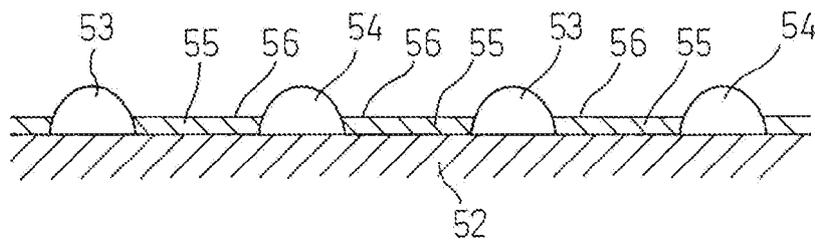


Fig. 3

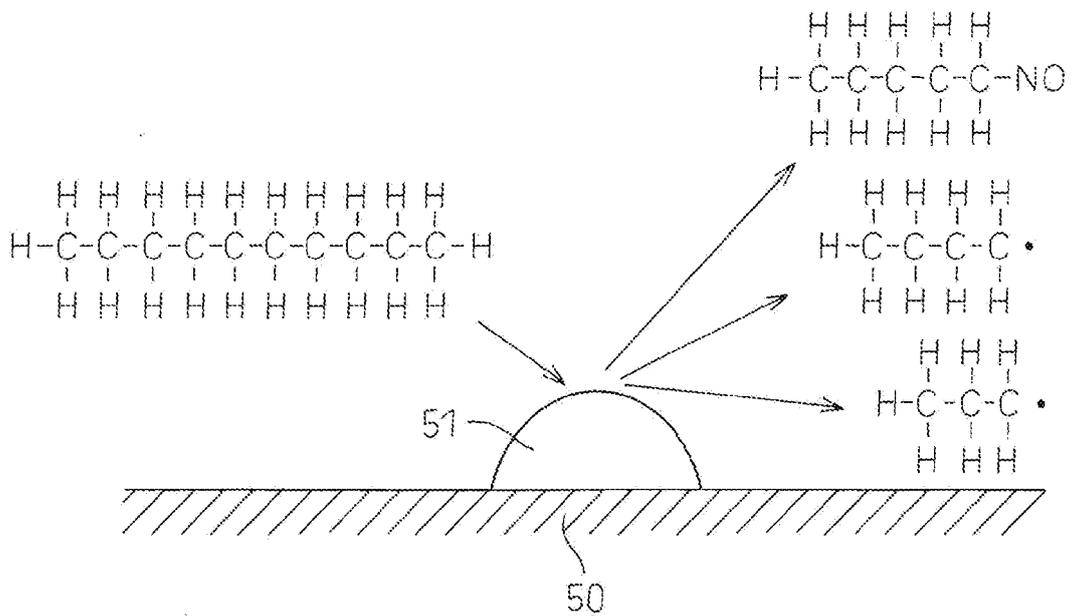


Fig.4

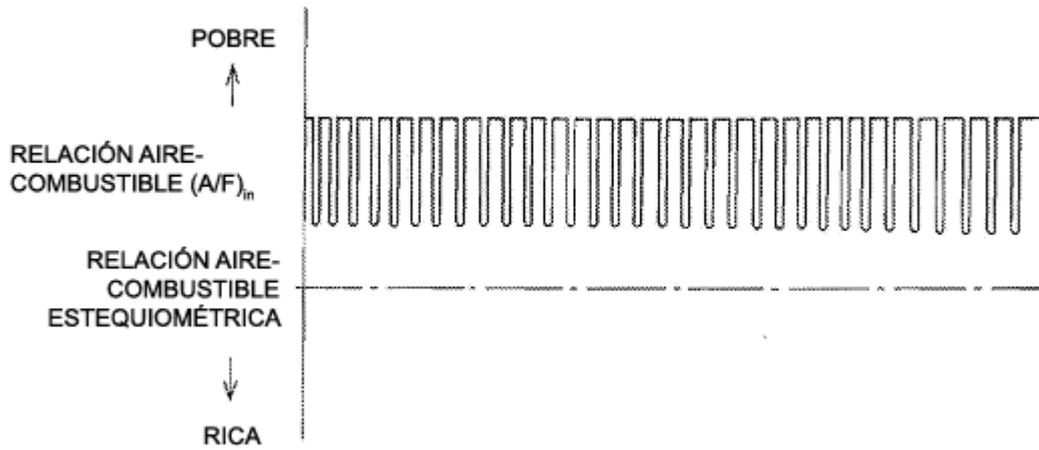


Fig.5

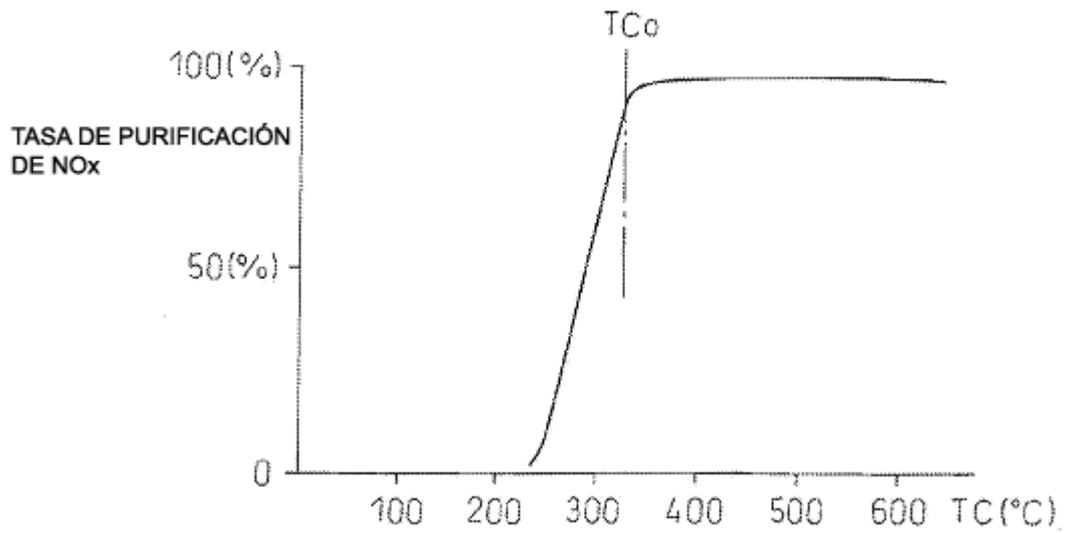
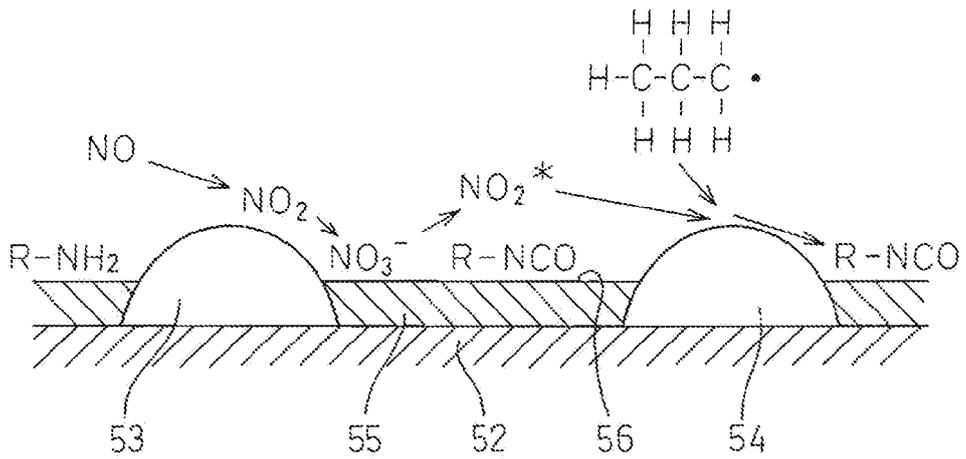


Fig.6

(A)



(B)

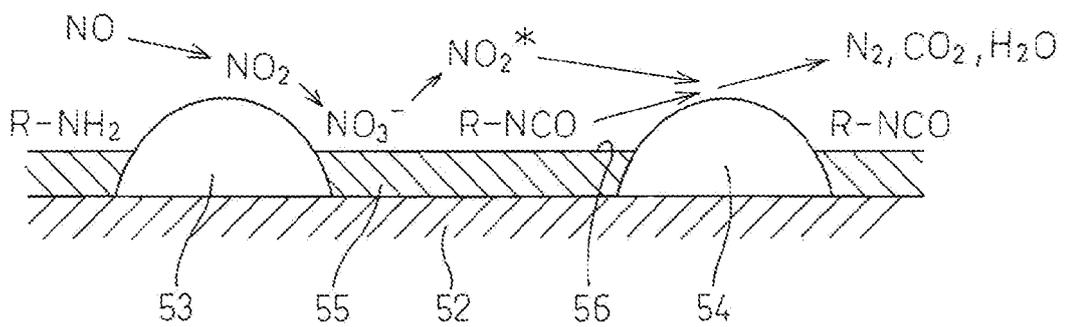
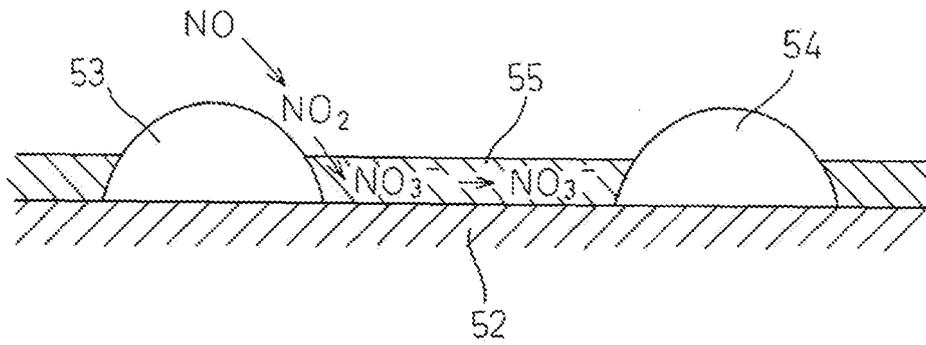


Fig.7

(A)



(B)

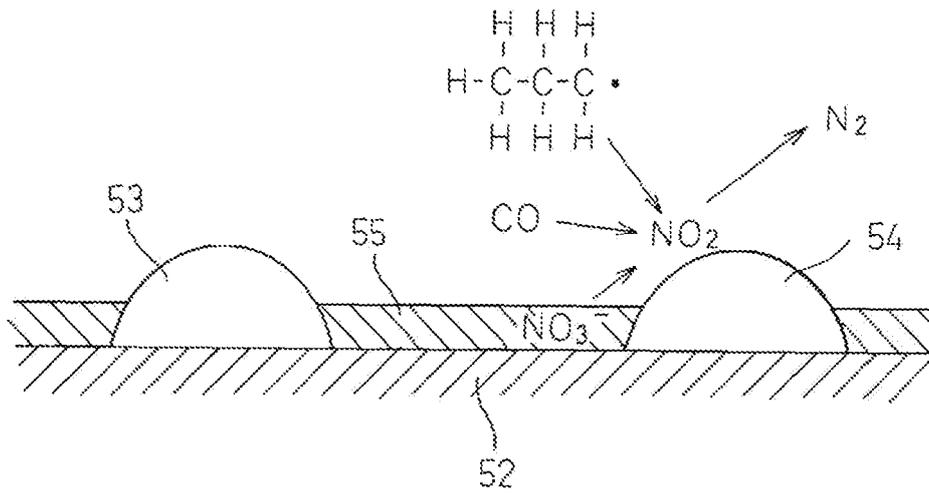


Fig.8

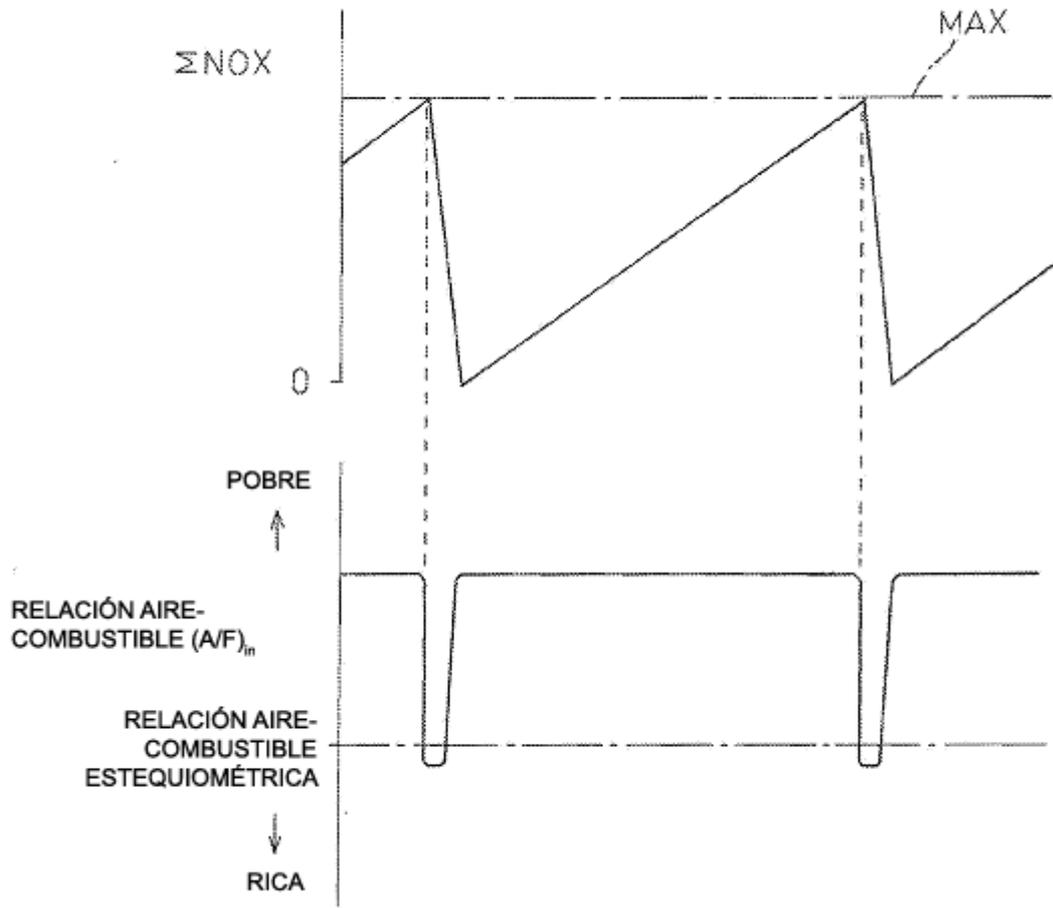


Fig.9

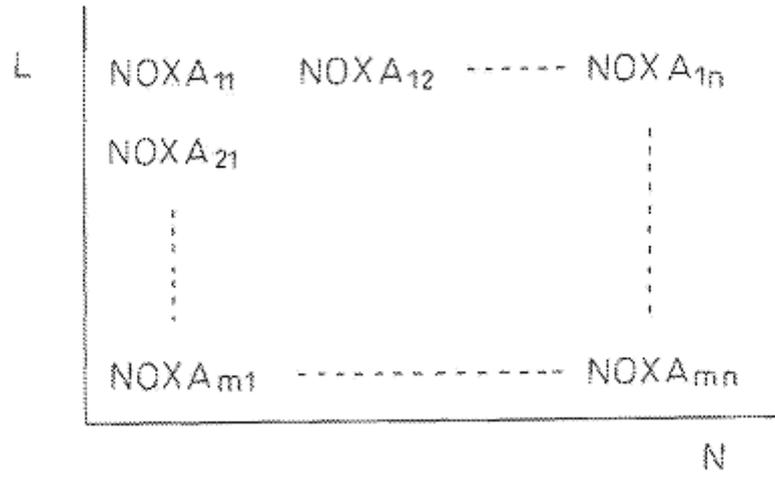


Fig.10

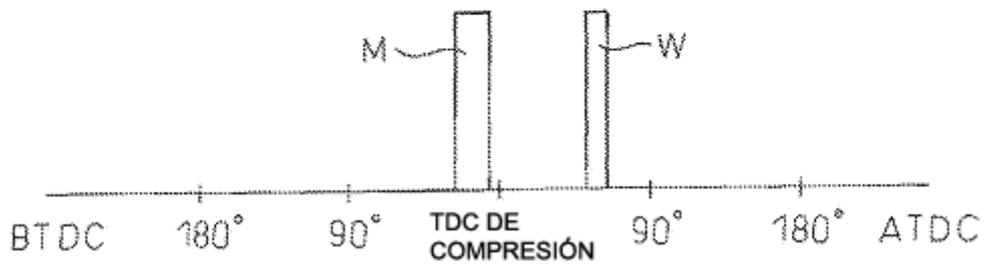


Fig.11

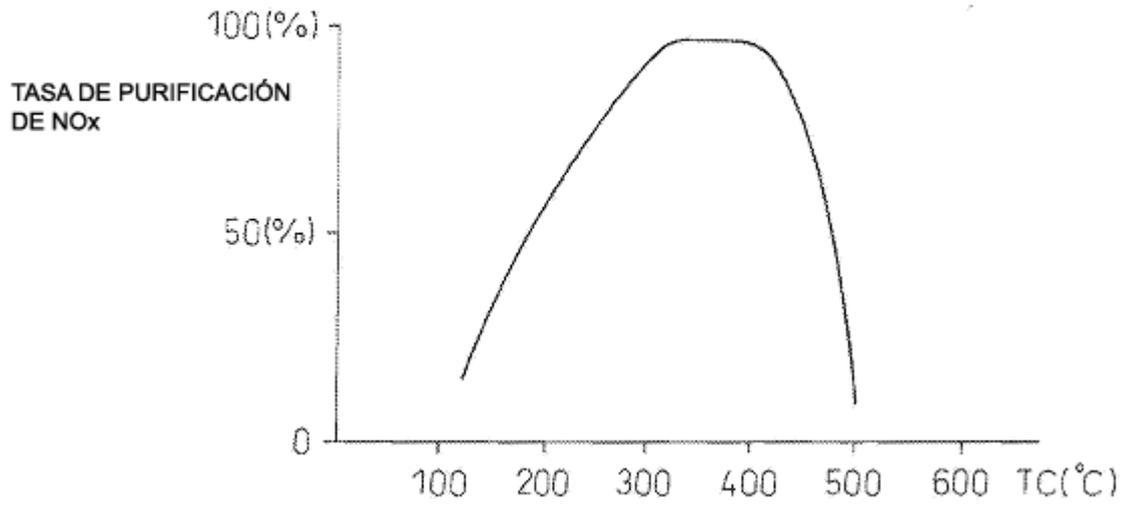
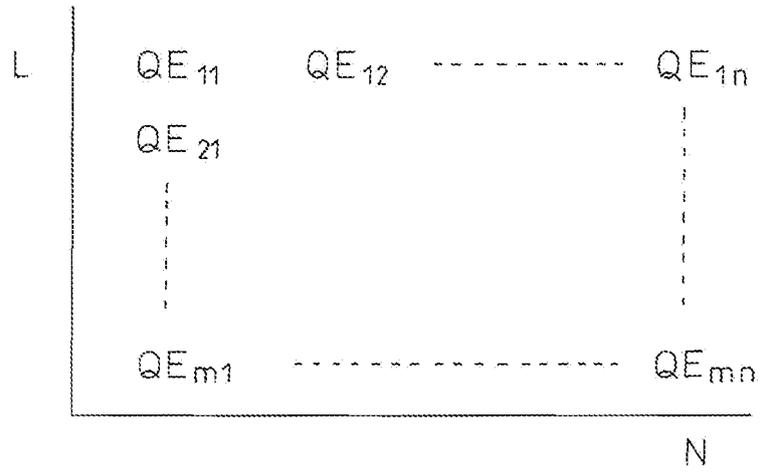


Fig.12

(A)



(B)

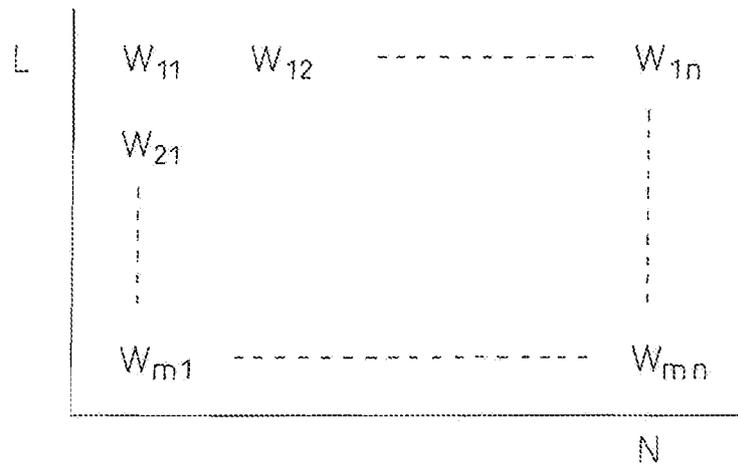
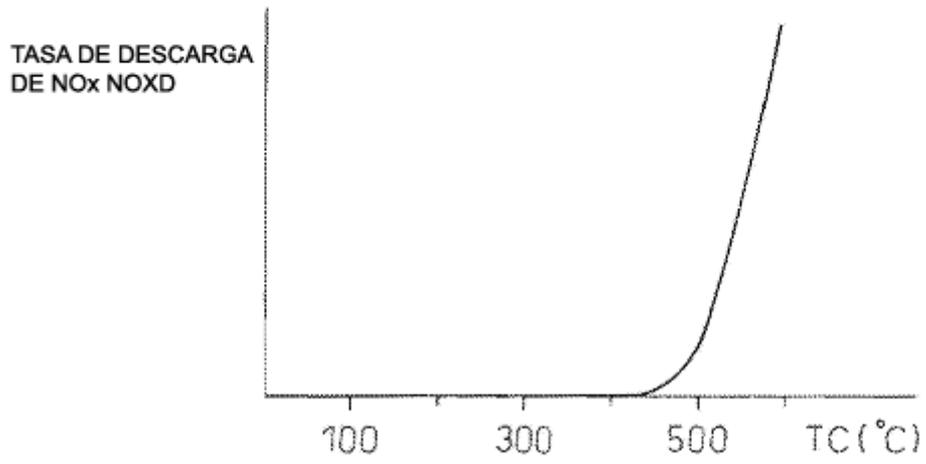


Fig.13  
(A)



(B)

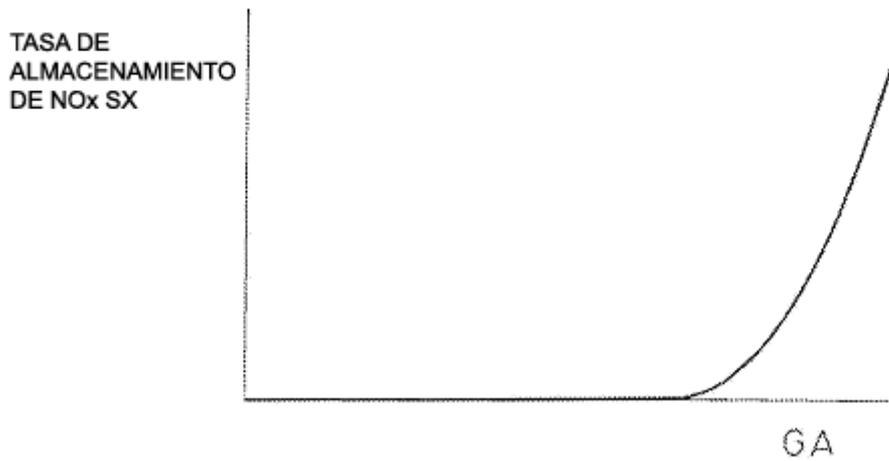


Fig.14

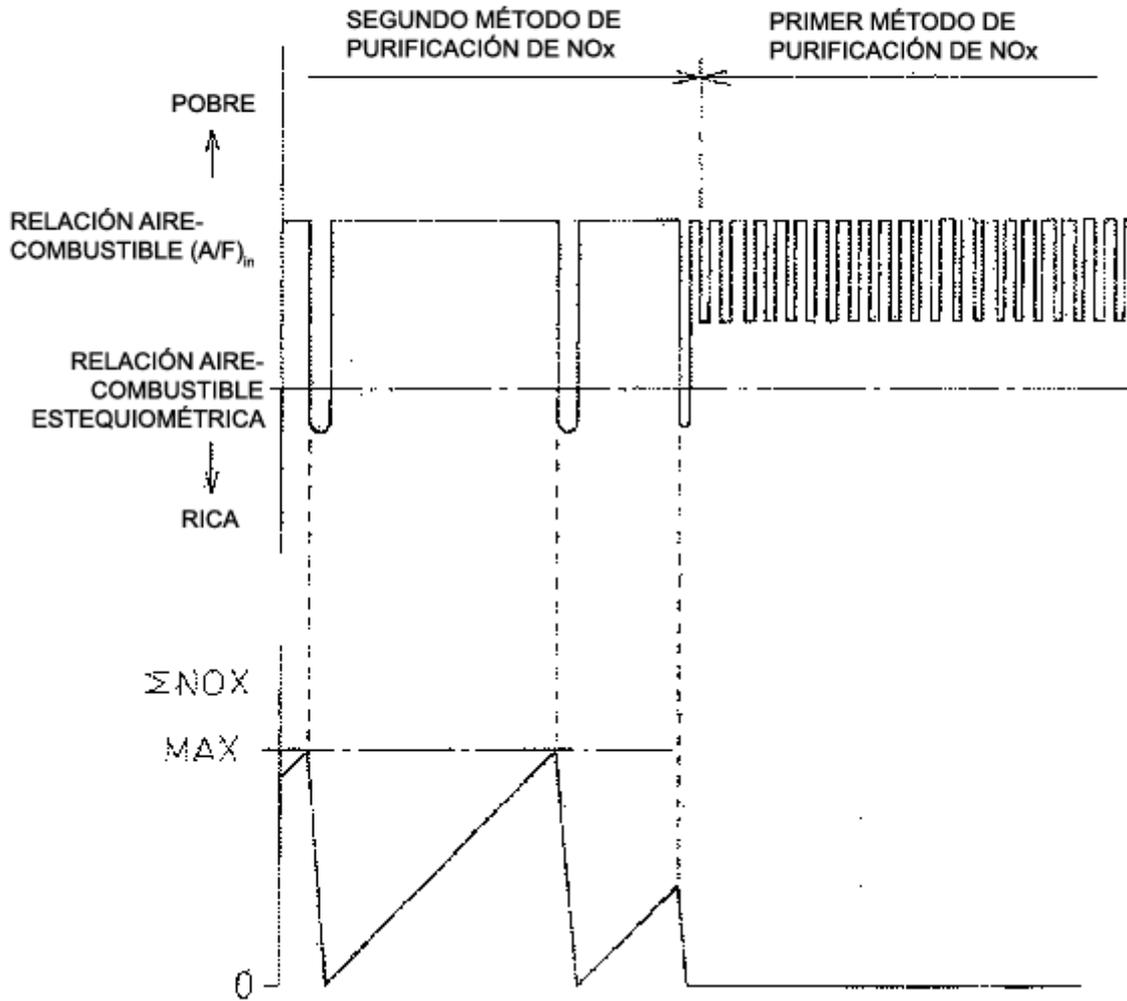


Fig.15

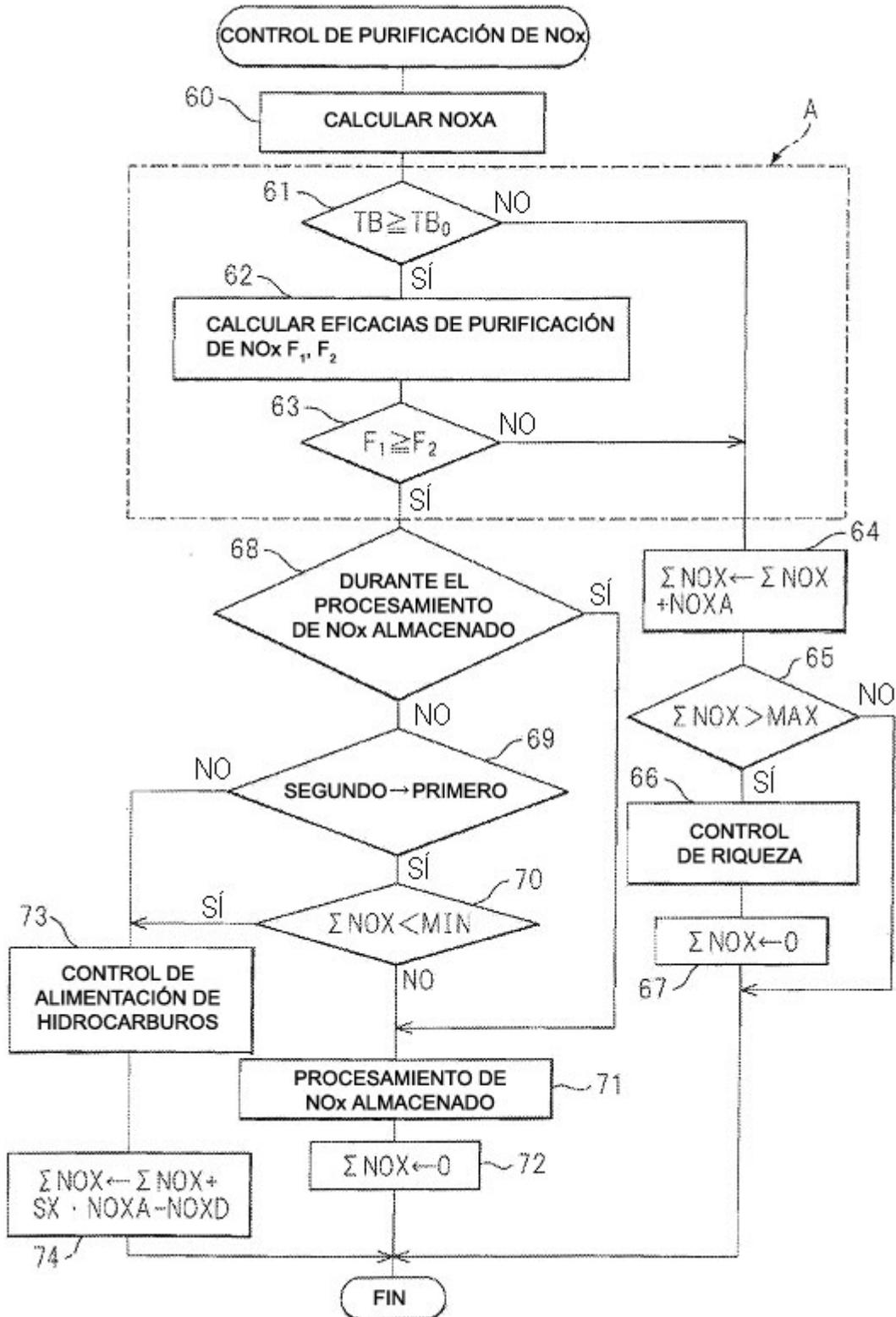
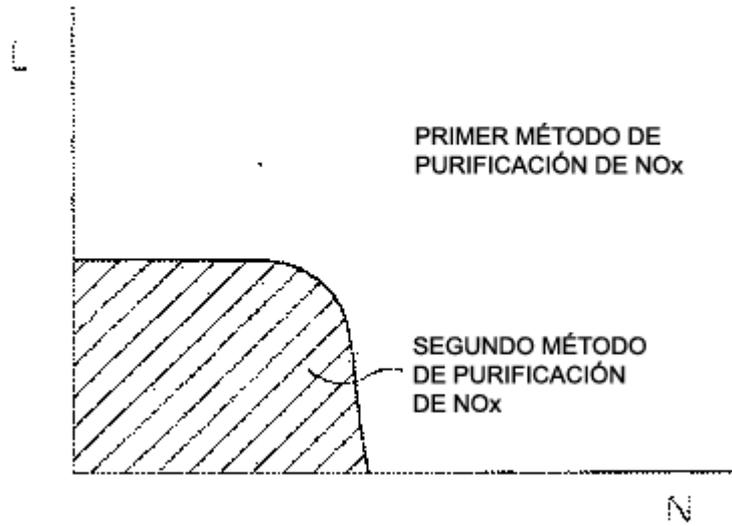


Fig.16  
(A)



(B)

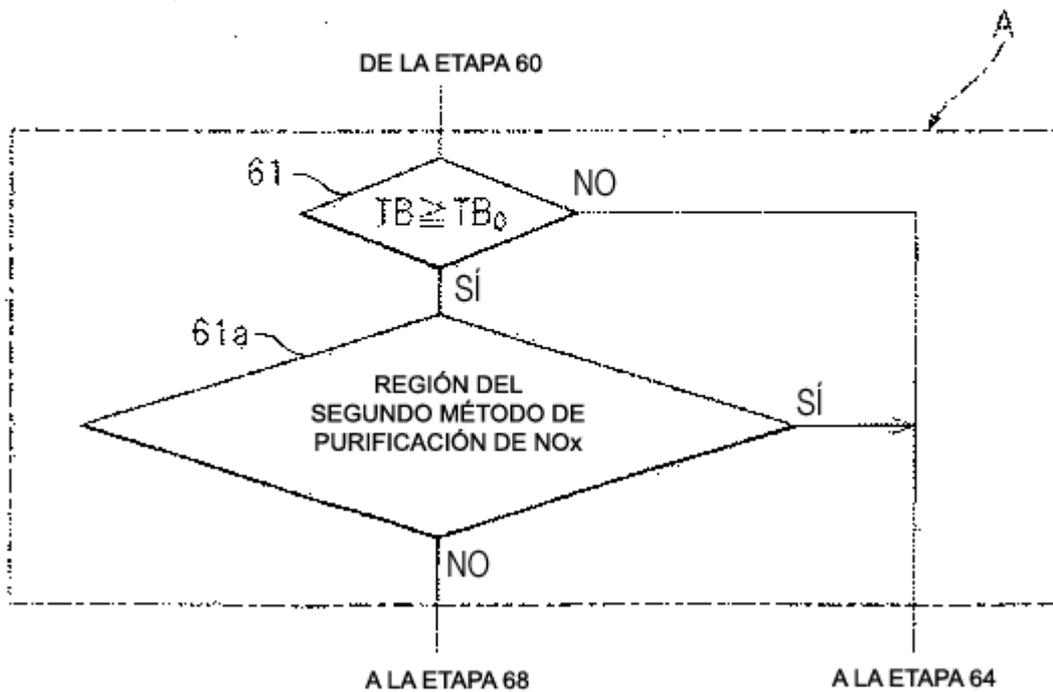


Fig.17

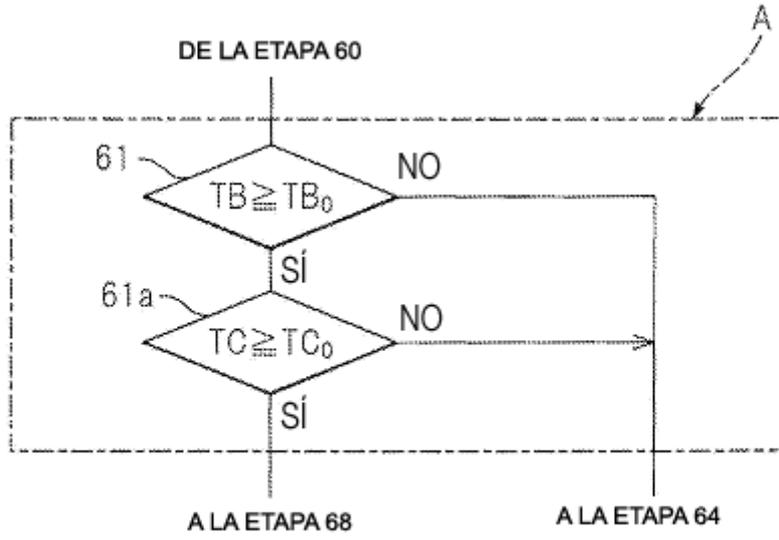


Fig.18

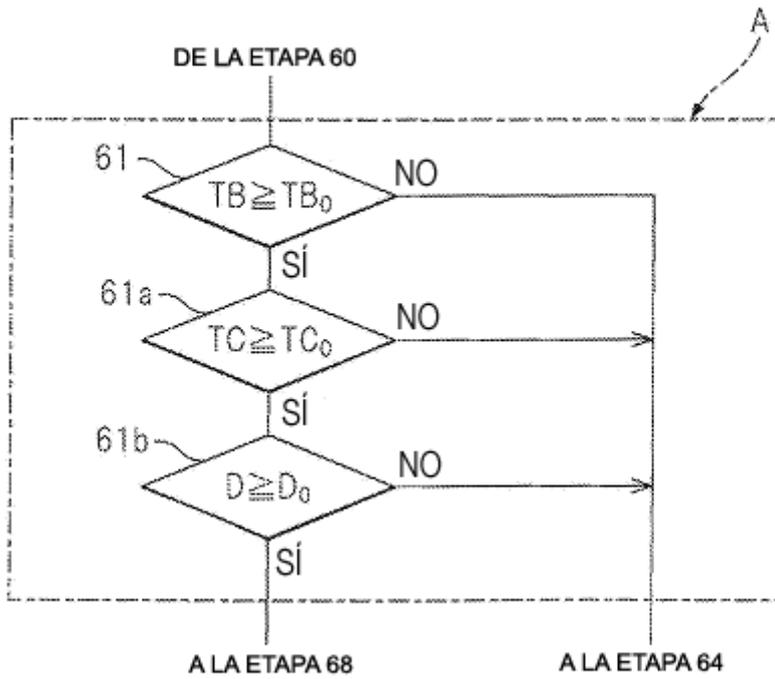


Fig.19

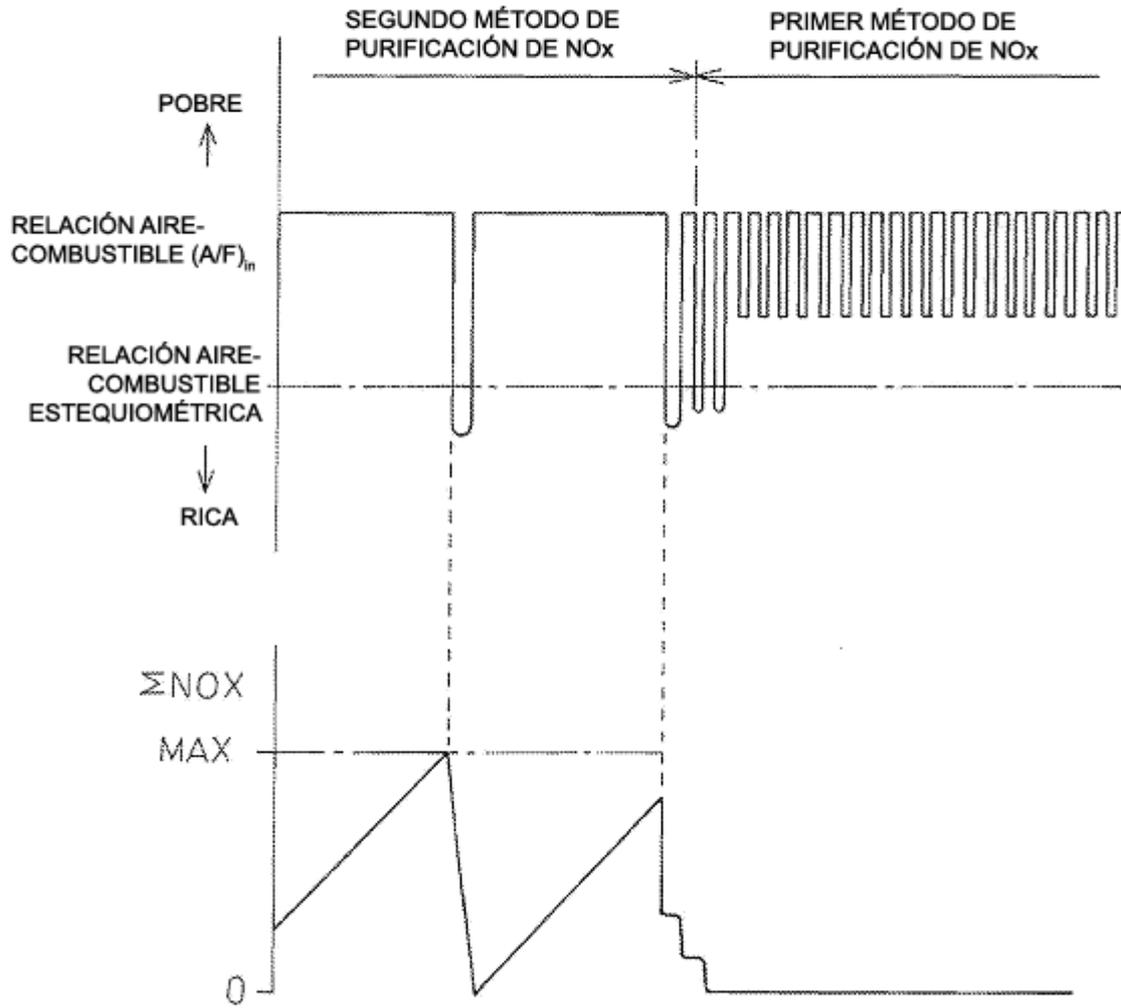


Fig.20

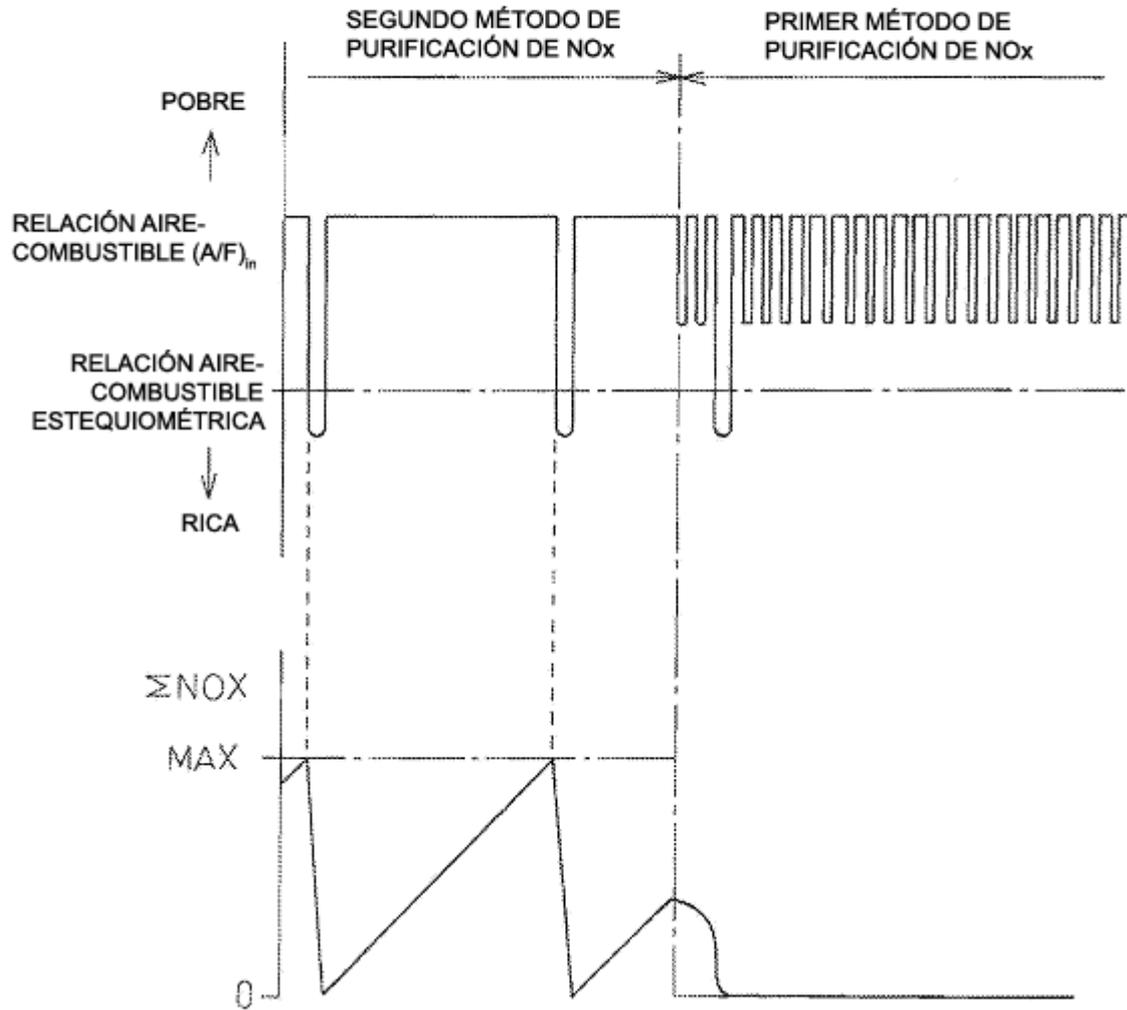


Fig.21

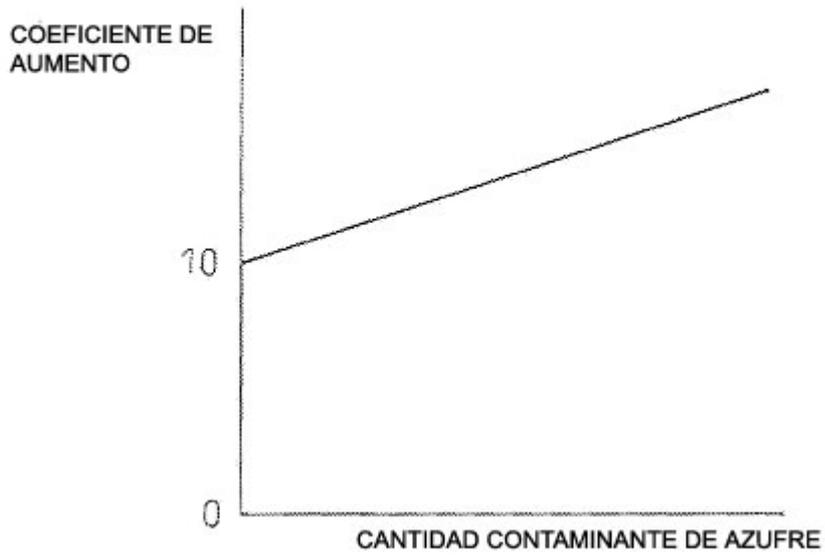


Fig.22

